

93.832  
정철자

第72回 碩士學位論文  
指導教授 李 明 浩

중앙대학교



T0018132

88-

# 自然型 太陽熱 蓄熱壁方式에서 夜間斷熱構造의 热性能에 關한 實驗的 研究

- An Experimental Study on the Thermal Performance of the  
Night Insulation in Passive Solar Thermal Storage Wall System -

55713

中央大學校 大學院

建築工學科 建築學 專攻

朴 辰 哲

1989. 12.

# 自然型 太陽熱 蓄熱壁方式에서 夜間斷熱構造의 热性能에 關한 實驗的 研究

– An Experimental Study on the Thermal Performance of the  
Night Insulation in Passive Solar Thermal Storage Wall System –

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

1989. 12.

中央大學校 大學院

建築工學科 建築學 專攻

朴 辰 哲

朴辰哲의碩士學位論文을認定함

審查委員長

李賢浩



審查委員

李明浩



審查委員

辛鉉植



中央大學校 大學院

建築工學科 建築學專攻

朴 辰 哲

1989. 12.

## 感 謝 의 글

'80 年代의 시작과 더불어 中央人으로서 出發한지가 엿그제 같은데 어느새 大望의 '90 年代를 맞이하게 되었습니다. 지나온 배움의 길을 돌이켜 볼때 아직도 부족하고 모자람이 해아릴 수 없이 많지만 새로운 時代를 맞이함과 同時에 이 작은 結實을 맺게 된 것을 無限한 繁光으로 생각하며 그동안 도움을 주신 모든 분들께 깊은 感謝를 드립니다.

먼저 父母님 사랑以上의 자상함으로 本 論文이 完成되기 까지 온갖 성원과 시도를 해주셨을 뿐아니라, 大學院의 發展과 나아가 母校의 發展을 위해 지금 이 시간에도 热과 誠을 다하시고 계시는 李明浩 大學院 院長님께 다시 한번 真心으로 感謝드립니다. 그리고 學府 때부터 깊이있는 學文으로 부족함을 올바로 잡아 주셨고, 人格培養에 자상한 가르침과 本 論文의 實驗에서부터 結果까지 세심한 가르침을 주신 李彥求 教授님께도 깊은 感謝를 드립니다. 또한 學文의 영역을 넓혀 주셨고 보다 종실한 論文이 되도록 세심한 검토와 수정을 해주신 李賢浩 教授님, 늘 곁에서 사랑으로 지켜봐 주시는 辛鉉植 教授님, 金德在 教授님, 鄭憲秀 教授님, 孫世寬 教授님, 그리고 崇實大的 金光禹 教授님께 真心으로 感謝드립니다.

항상 따뜻한 사랑으로 많은 격려와 조언을 아끼지 않았고, 學文의 으로도 많은 도움을 준 博士課程의 張淳翼 先輩님, 全鳳九 先輩님, 宋國燮 先輩님, 黃霆夏 先輩님께 感謝드립니다. 그리고 環境研究室에서 같이 생활하며 實驗에서부터 論文에 이르기까지 많은 도움을 준 安

安泰慶 先輩와 河致潤, 金東煥, 李寬鎬, 樂寧皓, 康壹庚, 尹德珪 … 後輩  
또한 計劃研究室의 金基弘, 韓哲洙 先輩를 비롯한 建築科 大學院生들·  
모두에게 感謝하는 마음을 전하며, 『Method 5000』프로그램 개발에  
적극 협조해준 任三福 學兄에게도 感謝드립니다.

무엇보다도 오늘의 제가 있기까지 사랑과 희생으로 오직 學文에만  
전념할 수 있게 해주신 父母님께 이 작은 結實을 드립니다. 그리고  
그동안 저를 성원해주신 친지 내외분 모두와 용기를 북돋아 준 동  
료들에게도 깊은 感謝를 드리며 끝으로 동생 順愛, 辰鎬와 어려운 여  
전속에서도 용기를 잃지 않고 꾃꽃이 내조해준 아내 惠淑과 아들  
灿煥과도 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

1989. 12.

朴辰哲

# 目 次

國文 要約 .....	1
<b>1. 序 論 .....</b>	<b>3</b>
1.1 研究의 目的 .....	3
1.2 研究의 方法 및 範圍 .....	4
<b>2. 축열벽방식의 基本原理 및 夜間斷熱構造의 基礎事項 .....</b>	<b>6</b>
2.1 축열벽방식의 基本原理 .....	6
2.1.1 축열벽방식의 概念 및 特性 .....	6
2.1.2 축열벽방식의 分類 .....	9
2.1.3 축열벽의 热的 特性 .....	12
2.2 夜間斷熱構造의 基礎事項 .....	13
2.2.1 夜間斷熱構造의 必要性 .....	13
2.2.2 夜間斷熱構造의 設計時 考慮事項 .....	14
2.2.3 自然型 太陽熱시스템에서 利用可能한 夜間斷熱構造 .....	18
<b>3. 實驗用 모델을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 實驗 .....</b>	<b>19</b>
3.1 热性能 實驗의 准비 단계 .....	19
3.1.1 實驗用 모델의 設計 및 製作 .....	19
3.1.2 測定 裝置 .....	22
3.1.3 夜間斷熱構造의 選定 및 設計・製作 .....	23
3.1.4 夜間斷熱構造의 단열 값 實驗 .....	28

3.2 热性能 實驗 .....	31
3.3 热性能 實驗의 結果 .....	37
<b>4. Computer Program을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能</b>	
<b>Simulation .....</b>	<b>38</b>
4.1 Simulation Program .....	38
4.1.1 『TTC』 .....	38
4.1.2 『Method 5000』 .....	42
4.2 热性能 Simulation 結果 .....	55
<b>5. 結論 .....</b>	
5.1 研究結果의 要約 .....	59
5.2 研究의 제약조건 및 앞으로의 研究方向 .....	60
<b>参考文獻 .....</b>	
附錄 .....	64
1.1 Simulation Program List .....	65
1.2 『Method 5000』Program Output .....	92
<b>ABSTRACT .....</b>	
	107

## 표 목 차

〈 표 2.1 〉 축열벽의 일반적인 성능 .....	8
〈 표 2.2 〉 축열벽 방식의 장·단점 .....	9
〈 표 2.3 〉 자연형 태양열시스템별 이용가능한 야간단열구조 .....	18
〈 표 3.1 〉 실험용 모델의 개요 .....	21
〈 표 3.2 〉 측정장치의 개요 .....	22
〈 표 3.3 〉 평가비중 항목의 서열 .....	24
〈 표 3.4 〉 실험용 야간단열구조의 선정 .....	24
〈 표 3.5 〉 야간단열구조의 구성 및 열성능 .....	31
〈 표 3.6 〉 실험 진행표 .....	32
〈 표 3.7 〉 수집자료의 내용 .....	33
〈 표 3.8 〉 『실험-1』의 온도분포표 .....	35
〈 표 3.9 〉 『실험-2』의 온도분포표 .....	37
〈 표 4.1 〉 『Method 5000』에 의한 Simulation 결과 .....	58

## 그 림 목 차

( 그림 1.1 ) 본 연구의 진행흐름도	5
( 그림 2.1 ) 축열벽의 원리	6
( 그림 2.2 ) 트롬벽 (Trombe Wall) 방식	10
( 그림 2.3 ) 물벽 (Water Wall) 방식	11
( 그림 2.4 ) 열관류율, 타임랙 (Time Lag) 및 진폭감쇄율 (Decrement Factor)의 도해	13
( 그림 2.5 ) 창을 통한 열손실 비율	15
( 그림 3.1 ) 실험용 모델의 평면도	19
( 그림 3.2 ) 실험용 모델의 단면도	20
( 그림 3.3 ) 실험용 모델의 외관	20
( 그림 3.4 ) 온도 수거장치	23
( 그림 3.5 ) Sliding Shutter (축열벽 외부)	25
( 그림 3.6 ) 제작·설치된 Sliding Shutter 외관	26
( 그림 3.7 ) Roll Shade (축열벽 내부)	27
( 그림 3.8 ) 제작·설치된 Roll Shade 외관	28
( 그림 3.9 ) 열관류율 측정장치의 평면도	29
( 그림 3.10 ) 간이 열관류율 측정장치 외관	30
( 그림 3.11 ) Sensor의 설치위치	32
( 그림 3.12 ) 『실험-1』의 온도분포도	34
( 그림 3.13 ) 『실험-2』의 온도분포도	36
( 그림 4.1 ) 『TTC』 Program의 Flow-Chart	42

(그림 4.2) 『Method 5000』 Program의 Flow-Chart .....	43
(그림 4.3) 외부창을 통한 태양열 획득 .....	47
(그림 4.4) 부착온실을 통한 태양열 획득 .....	48
(그림 4.5) 축열벽을 통한 태양열 획득 .....	51
(그림 4.6) Roll Shade 설치에 따른 스케일 모델의 실험결과와 『TTC』 Program에 의한 Simulation 결과 .....	56
(그림 4.7) Roll Snaide를 설치했을 때의 『TTC』 Simulation 결과 .....	57

# 國 文 要 約

中央大學校 大學院  
建 築 工 學 科  
朴 辰 哲

自然型 太陽熱시스템은 넓은 면적의 집열창을 통하여 畫間동안 太陽熱을 축열체에貯藏한 後 夜間이나 흐린날에 放熱하는 方式이다. 그러나 畫間に 太陽熱을 받아 들이는 집열창은 반대로 夜間에는 热損失의 가장 큰 要因이 되므로 이를 効果的으로 斷熱하지 않을 경우에는 시스템자체의 热性能이 급격히 低下되어 충분한 에너지 節約效果를 얻지 못할 뿐아니라 室內溫度의 심한 變化幅에 따른 热環境의 惡化를 招來하게 된다. 따라서 自然型 太陽熱시스템의 热環境을 向上시키고 室內快適環境을 유지하기 위하여는 効果적인 夜間斷熱構造의 設置가 必須의이다.

本 研究에서는 자연형시스템 중에서 대표적인 蓄熱壁방식의 實驗用 모델을 設計製作하여 夜間斷熱構造의 設置에 따른 시스템 각 部位의 溫度變化를 測定하는 热性能 實驗을 實施하였다. 热性能 Simulation을 위하여는 『TTC』와 『Method 500』을 Computer Program으로 開發하여 热性能 實驗結果와 比較 分析하였다.

本 論文의 研究結果를 要約하면 다음과 같다.

- 1) 蓄熱壁方式에서 外部斷熱構造로 사용된 Sliding Shutter는 室內溫度를 畫夜間에 모두 일정하게 약  $3.0^{\circ}\text{C}$  上昇시킴으로써 시스템

의 热性能 向上 效果가 우수한 것으로 나타났다.

2) 蓄熱壁方式에서 Roll Shade를 内部斷熱構造로 사용하였을 때 實驗室의 室內平均氣溫은 基準室에 비해  $1.8^{\circ}\text{C}$  上昇하고 室內 溫度 變化幅도 平均  $1.1^{\circ}\text{C}$ 로 감소하므로 시스템의 热性能이 向上되었다.

3) 『TTC』 Program에 의한 Simulation結果, 夜間斷熱構造의 有無에 따른 室內溫度變化는 實驗 결과와 Simulation 값이 거의 일치하는 것으로 나타나 夜間斷熱構造를 利用한 自然型 太陽熱시스템의 室內溫度分布는 Computer Simulation으로 정확히 分析할 수 있었다.

4) 『Method 5000』 Program에 의한 負荷計算 Simulation 結果, 外部斷熱構造인 Sliding Shutter가 30.7 %, 内部斷熱構造인 Roll Shade가 22.7 %의 에너지 節約效果를 나타내었다.

以上의 結果를 綜合하면, 蓄熱壁方式에서 夜間斷熱構造는 室內平均氣溫의 上昇과 함께 室內溫度變化幅도 줄일 수 있어 자연형 태양열 시스템의 性能을 크게 向上시키므로 우리나라와 같은 기후 조건에서 는 필수적으로 설치해야 한다.

# 1.序論

## 1.1 研究의 目的

自然型 太陽熱시스템은一般的인 보통 유리창을 통하여 集熱된 太陽熱을 建築構造의 일부분인 蓄熱壁 등에 貯藏하는 方式으로 충분한 太陽熱을 받아들이기 위하여는 일반 建物에 비하여 훨씬 넓은 면적의 集熱창을 必要로 한다. 그러나 주간에 太陽熱을 받아들이는 集熱창은 반대로 夜間에는 热損失의 가장 큰 要因이 되기 때문에 이를 効果的으로 斷熱하지 않을 경우에는 自然型 太陽熱시스템의 热性能이 급격히 低下되어 충분한 에너지 節約효과를 얻지 못할 뿐아니라 室內溫度의 심한 變化 幅에 따른 热環境의 悪化를 招來한다.

따라서 自然型 太陽熱시스템의 热性能을 向上시키고 室內 快適環境을 유지하기 위하여는 効果的인 夜間斷熱構造의 設置가 必須의이다. 現在 國內에서도 여러 自然型 太陽熱建物이 建立되어 夜間斷熱構造가 설치되어 있으나 이에 대한 热性能 分析이 未備하고 基礎研究의 부족에서 오는 試行錯誤 때문에 많은 경우에 설치된 夜間斷熱構造의 效率의인 活用이 이루어지지 않고 있다.

이와같은 관점에서 本 研究는 自然型 太陽熱시스템의 効果의인 普及擴大를 위하여 蓄熱壁方式에 따른 夜間斷熱構造의 热性能을 정확히 分析하여 自然型 太陽熱시스템 設計의 基礎資料로 삼고자 하였다.

## 1.2 研究의 方法 및 範圍

본 研究에서 違行된 研究의 方法 및 範圍는 다음과 같다.

### 1) 蓄熱壁方式의 原理와 夜間斷熱構造의 基礎사항 研究

自然型 太陽熱시스템 中에서 남면 集熱창과 室內空間사이에 設置된 蓄熱壁을 通하여 貯藏된 에너지가 生活空間으로 傳達되는 方式인 蓄熱壁시스템의 基本原理와 夜間斷熱構造의 基礎事項 및 本 研究와 關係된 既存 研究들을 文獻을 通하여 考察하였다.

### 2) 實驗用 모델을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 實驗

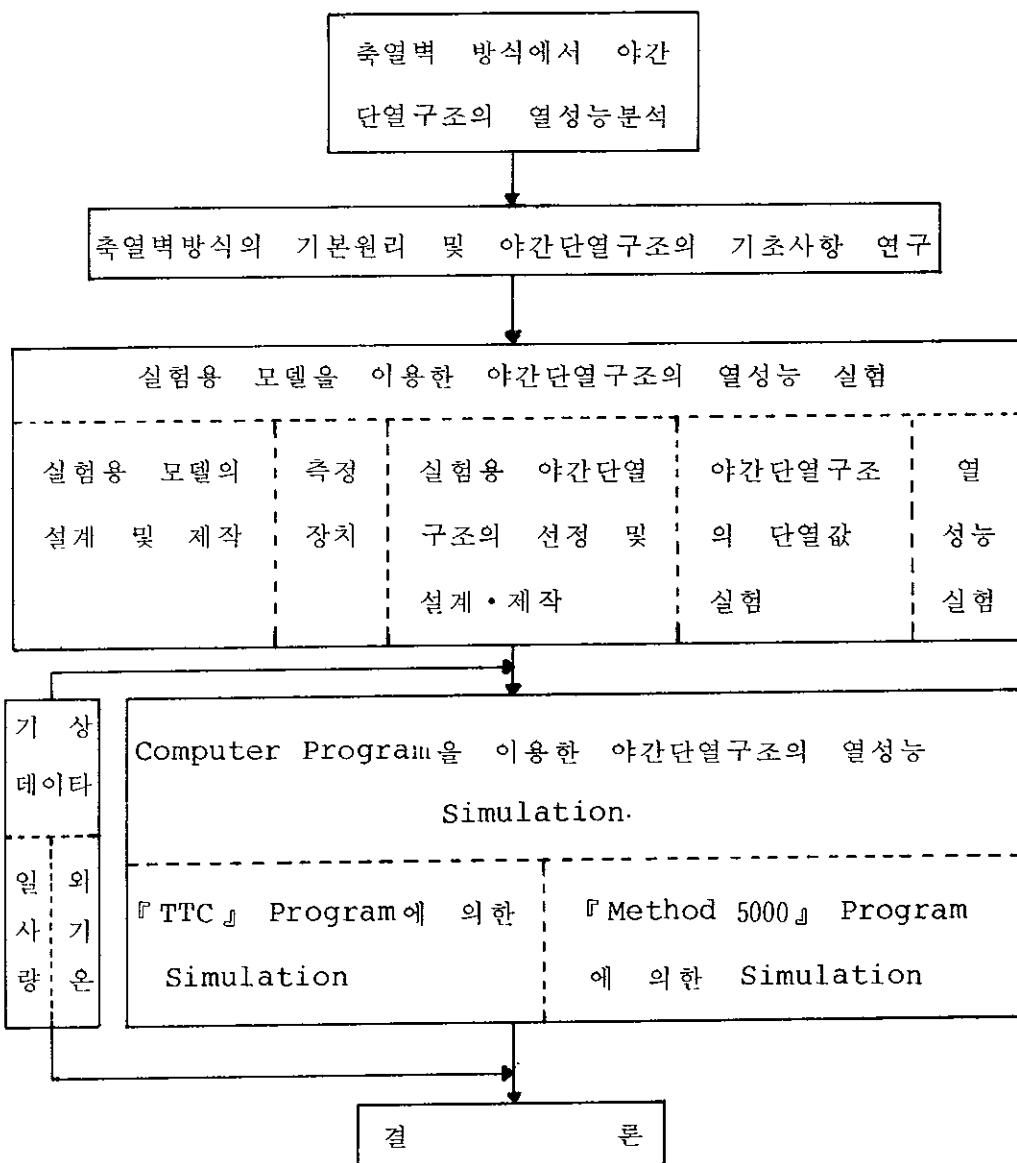
1)項에서 檢討된 蓄熱壁方式의 基本原理와 夜間斷熱構造의 基礎資料를 바탕으로 實驗用모델 및 夜間斷熱構造를 設計・製作하여 热性能實驗을 실시하였다. 热性能 實驗에서는 日射量, 外氣溫 및 夜間斷熱構造의 設置에 따른 시스템 各部位의 溫度變化를 測定하였다.

### 3)Computer Program을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 Simulation

實驗用모델에 의한 性能分析 實驗과 比較・檢證하기 위하여 動的熱負荷 計算方式인 『TTC』와 等的熱負荷 計算方式인 『Method 5000』을 Computer Program으로 開發하여 热性能을 Simulation하였다.

### 4) 热性能分析 實驗結果와 Simulation 結果를 考察한 후, 自然型太陽熱시스템에서 夜間斷熱構造의 設置에 따른 热性能 向上效果를 分析하였다.

本 研究의 綜合的인 進行 흐름도는 (그림 1.1) 과 같다.



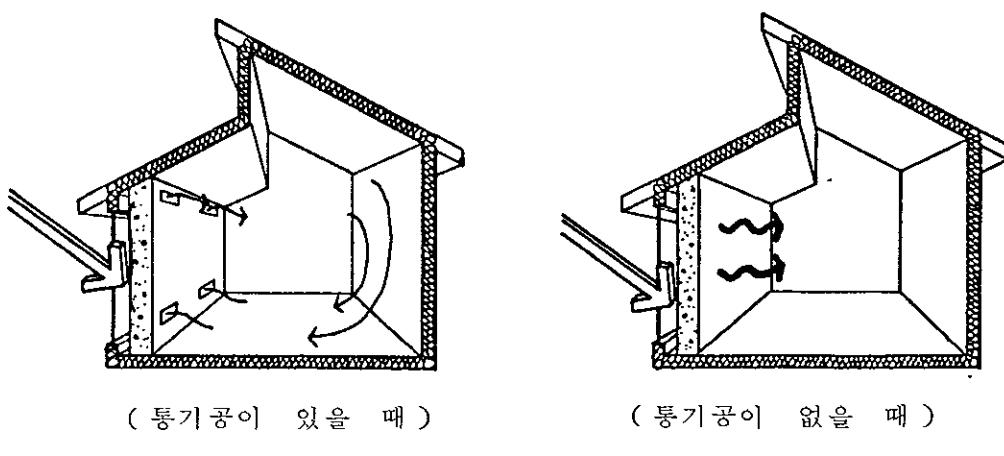
(그림 1.1) 本 研究의 進行 흐름圖

## 2. 蓄熱壁方式의 基本原理 및 夜間斷熱構造의 基礎事項

### 2.1 蓄熱壁方式의 基本原理

#### 2.1.1 蓄熱壁方式의 概念 및 特性

間接獲得方式의 일종인 蓄熱壁方式은 生活空間을 通過한 열을 蓄熱體가 받아 들여서 热에너지를 贯藏하여 生活空間으로 傳達해 주는 方式이다. 즉 集熱창을 透過한 太陽光을 集熱창과 室內空間사이에 設置된 壁表面에서 热에너지로 轉換되어 壁자체의 集熱, 蓄熱, 輻射에 의해 煙房시킨다.<sup>1)</sup> 이때 蓄熱體 자체에는 斷熱을 실시하지 않고, 蓄熱壁의 外側은 어두운색 계통으로 塗色하여 吸收率을 높일 수 있다(그림 2.1).



註 1) 李明浩, 太陽熱시스템 設計, 中央大 建設大學院, 1984, pp.15.

2) 韓國科學財團, '86 목적기초연구; 자연형 태양열시스템을 이용한 건물에너지 절약기술에 관한 기초연구(제1차 중간보고서), 1987, pp.Ⅲ - 39.

蓄熱壁을 通하여 傳達된 热이 室內로 輻射될 수 있는 거리는 약 4.5 ~ 6 m로서 室의 깊이는 이 거리가 바람직하다. 蓄熱壁은 남쪽에配置하고 그늘이 지지 않도록 하며 蓄熱壁 자체에 요철이 있는 것은問題가 되지 않지만 요철에 의해 그림자가 생긴다면 蓄熱效果가 低下될 수 있으므로 注意해야 한다. 集熱창은 集熱을 위한 機能일 뿐採光의 機能은 아니다. 그러나 蓄熱壁에 開口部를 두어 採光 및 直達日射의 部分的 導入이 可能하고 換氣의 目的으로도 使用할 수 있다.<sup>3)</sup>

室內의 溫度變化는 주로 蓄熱壁 두께에 左右되며 集熱창과 蓄熱壁 사이의 加熱 空氣層과 室內사이의 热傳達은 蓄熱壁 上·下部에 設置된 通氣口(vent)를 통한 自然對流 및 蓄熱壁에 의한 輻射에 의해 이루어진다.

蓄熱壁의 材料로서는 热容量이 큰 것이면 어떤 것이나 좋으며 콘크리트, 시멘트제품, 벽돌, 물 그리고 潛熱蓄熱을 하는 相變化物質(Phase Change Materials)이 주로 사용된다.

벽체의 두께는 室의 使用時間에 따라, 즉 Time Lag을 考慮해서 정해야 하는데 긴 Time Lag이 必要할 수록 두꺼워지게 된다. 또한 벽체의 두께는 热傳導率이 클수록 두꺼워지며 蓄熱壁이 두껍고 热傳導率이 클수록 자체의 効率은 向上된다. 韓國 動力資源研究所의 研究結果에 따르면 夜間斷熱構造가 設置되어 있으면 250 mm, 없으면 300 mm정도가 적당하다고 한다.<sup>4)</sup>

---

註 3) 李塙會, 자연형 태양열건축 설계방법, 1986, pp. 4.

4) 韓國 動力資源研究所, 자연형 태양열시스템 개발, KE-81T-22, 1981, pp. 174 ~ 177.

蓄熱壁의 두께에 관한 研究結果는 나라마다 다르게 나타나고 있는데, 美國 太陽熱學會 (A.S.E.S)에서 이루어진 Simulation 結果, 약 12시경에 内壁面의 溫度가 最高가 되게 하기 위하여서는 450 mm 정도의 두께가 必要하다고 한다.<sup>5)</sup> 그러나 유럽공동체의 太陽熱 分科委員會의 研究에서는 한쪽 면에서만 热을 받는 壁을 80 ~ 160 mm 보다 두껍게 하는 것이 소용없다고 했는데, 그것은 벽돌이나 콘크리트 材料를 한쪽면에서 热을 加할 때 24 時間을 주기로 蓄熱, 放熱이 되도록 하기 위해서는 60 ~ 120 mm의 두께로 해야 한다는 研究結果에 근거한 것이다 <표 2.1>.<sup>6)</sup>

<표 2.1> 蓄熱壁의 一般的인 性能 (集熱창이 Double Glazing 일때)

벽 두께	내벽면 온도진폭	내벽면 최고온도의 시간
200 mm	27 °F	6:00 P.M
300 mm	13 °F	8:00 P.M
400 mm	6.5 °F	10:30 P.M
500 mm	3.0 °F	1:30 A.M
600 mm	1.3 °F	4:30 A.M

註 5) 韓國科學財團, op.cit., pp.II - 40.

6) ACHARD, P and GICQUEL, EUROPEAN PASSIVE SOLAR HAND-BOOK, EC, 1986, pp. 2, 6.

蓄熱壁方式의 長・短점은 <표 2.2>와 같다.

<표 2.2> 蓄熱壁方式의 長・短점<sup>7)</sup>

시스템	장・단점	내용
축 열 벽 방 식	장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현회와 자외선에 의한 퇴화현상은 발생된다.</li> <li>○ 거주공간내 온도변화가 적다.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축열된 복사에너지에는 야간에 방출하여 난방시킨다.</li> <li>○ 여러방식중 현재 가장 많이 개발된 방식이다.</li> <li>○ 비교적 추운기후에 유리하다.</li> </ul>
	단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 남측벽의 한면은 투과체로, 다른면은 축열체로된 이중구조가 되어야 한다.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 벽의 부피가 크고 고가이며 조망이 결핍된다.</li> <li>○ 추운 겨울야간에 투과체를 단열하지 않으면 열손실이 많다.</li> </ul>

### 2.1.2 蓄熱壁方式의 分類

蓄熱壁方式은 蓄熱體에 따라 트롬벽 (Trombe Wall)式과 물벽 (Water Wall)式으로 分類할 수 있다.<sup>8)</sup>

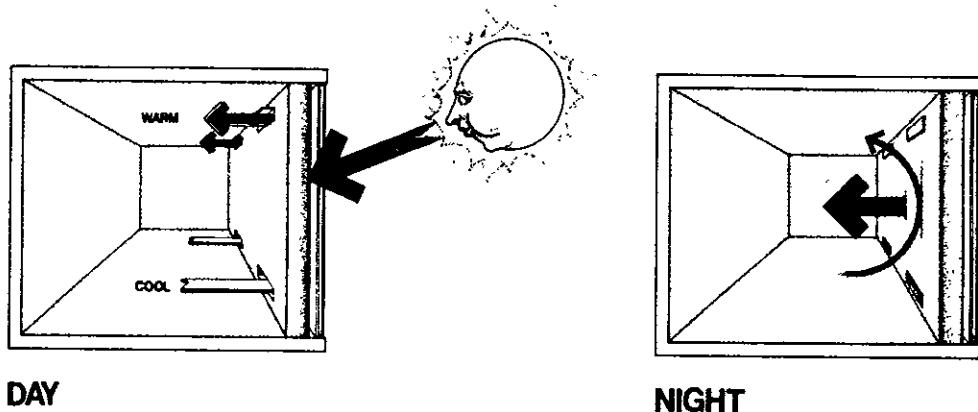
#### 1) 트롬벽 (Trombe Wall)式

트롬벽 (Trombe Wall)이란 集熱창과 蓄熱壁 사이의 空間에

註 7) 李璟會, op.cit., pp.45.

8) 李明浩, op.cit., pp.45.

서收集된太陽熱이室內로傳達되는過程에있어서蓄熱壁의傳達(Conduction)및輻射(Radiation)이외에追加로自然對流(Natural Convection)에의한熱傳達(Heat Transfer)이이루어지는方式을말한다.이러한追加된熱傳達은蓄熱壁의上部및下부에各各Vent(공기구멍)를設置함으로써이루어지고,이熱은주로畫間의室內暖房에使用된다(그림2.2).<sup>9)</sup>



(그림2.2)트롬 벽(Trombe Wall)方式<sup>10)</sup>

蓄熱材로는熱容量이큰콘크리트가가장良好하며그밖에벽들, 콘크리트, 블록, 점토 등이利用되기도하는데太陽光吸收를잘하기 위해서表面을黑色係 또는選擇吸收膜으로塗裝한다.축열체의두께는300~400mm가일반적이며吸收된熱의일부는10~15시간지나서壁을通過하고대부분은유리와集熱壁사이를空氣의自然對流

註 9) 李彥求, 自然型太陽熱시스템의 트롬월方式, 中央大工大學報 제20호, 1984, pp.12.

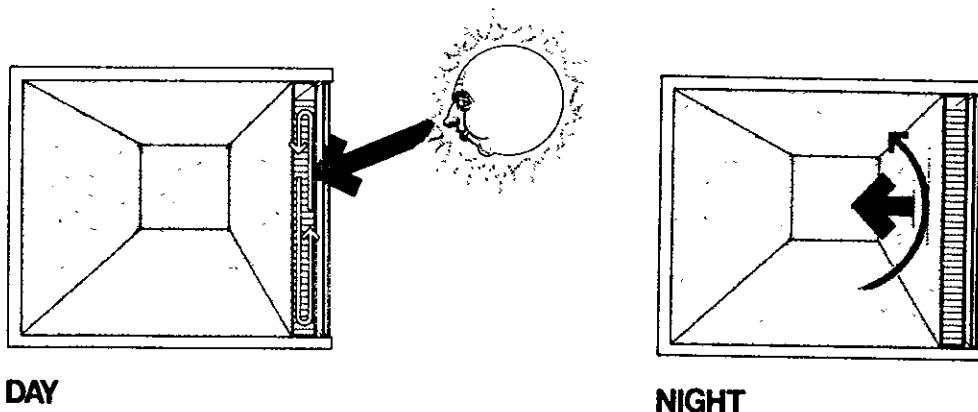
10) Mazria, Edward, THE PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK, Rodale Press, pp.44.

에 의해 循環 煖房된다.

겨울철의 热損失을 방지하기 위하여 中空層에 可動式 斷熱膜을 設置하고 여름철에는 축열체의 過熱를 방지하기 위하여 집열창 上部에 遮陽과 같은 突出物을 附着하거나 中空層內에 反射膜을 設置하며 집열창 上下부의 통기구를 利用하여 加熱된 热을 外部로 放出시킨다.<sup>11)</sup>

## 2) 물벽(Water Wall)式

물벽式은 煖房原理에 있어서 트롬벽式과 同一하나 蓄熱材로써 물을 使用하고 트롬벽(Trombe Wall)은 構造材의 機能을 결하지만 물벽은 蓄熱機能과 裝飾機能만을 갖는 것이 다른점이다(그림 2.3).



(그림 2.3) 물벽(Water Wall)方式<sup>12)</sup>

물벽의 容器는 철제드럼통, 유리병, 철재파이프, 플라스틱 물통 등을 사용한다. 물의 热容量이 콘크리트의 2倍이므로 두께는 트롬벽의 2/3

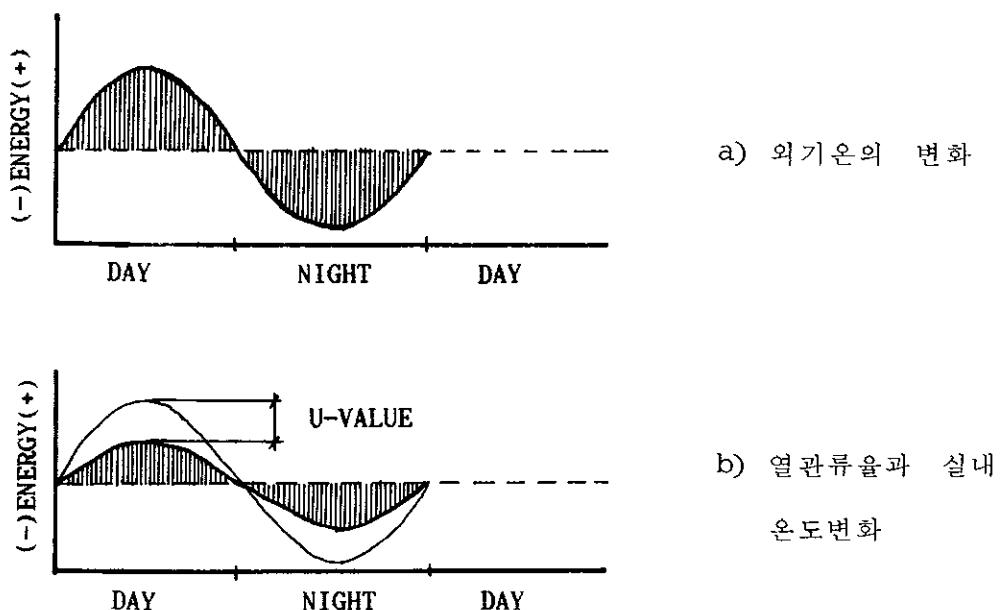
註 11) 李璟會, op.cit., pp.49.

12) Mazria, Edward, op.cit., pp.51.

정도로 縮小되고 물이 加熱되면 對流에 의해 热의 흐름이 빨라지기 때문에 表面 热交換이 트롬벽에 比해서 빠른반면 蓄熱能力은 약간 낫다. 물벽式은 축열체의 配置가 자유롭기 때문에 直接獲得式과 組合하여 使用하는 것이 效果的이다. 물壁式은 가격면에 있어서 저렴하고 裝置하기에도 비교적 容易하나 施工面에 있어서 물에 의한 浸蝕, 漏水 등이 問題時 된다.<sup>13)</sup>

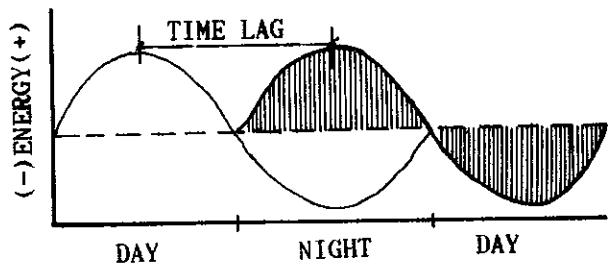
### 2.1.3 축열벽의 热的 特性

다음 (그림 2.4)은 타임랙 (Time Lag)과 진폭감쇄율 (Decrement Factor)의 概念을 說明한 것이다.<sup>14)</sup>

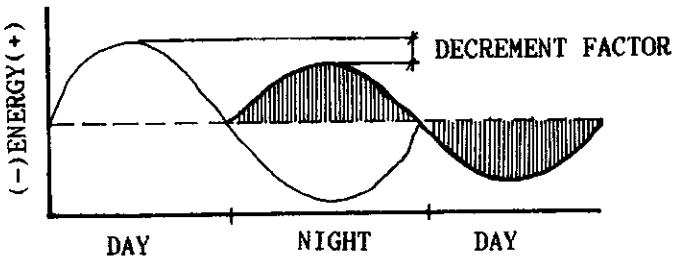


註 13) 李塨會, op.cit., pp.50.

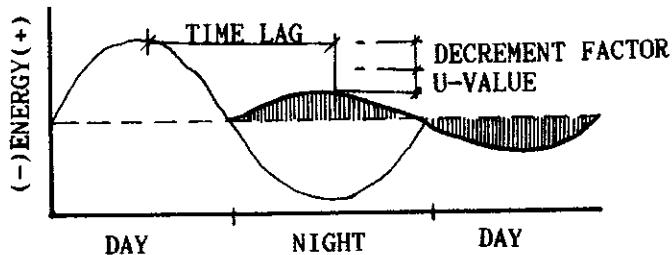
14) Burt & Associates, Minimum Energy Dwelling, Housing and Urban Development, Washington D.C., 1977, pp.108~113.



c) TIME LAG에  
의한 시간지연  
효과



d) 진폭감쇄율 (DEC-  
REMENT FAC-  
TOR)에 의한  
온도변화



e) 열관류율, TIME  
LAG, 진폭감쇄율  
의 동시 고려

(그림 2.4) 热관류율, 타임랙 (Time Lag) 및 진폭감쇄율 (Decrement Factor)의 圖解

## 2.2 夜間斷熱構造의 基礎 사항

### 2.2.1 夜間斷熱構造의 必要性

住宅에 있어서 消費되는 에너지는 煙房, 冷房, 금당, 炊事, 및 家電製品의 動力, 照明 등의 用途로 쓰여지고 있으며 이중 煙房에 쓰이는 에너지가 차지하는 比率은 약 75 %로 큰 比重을 차지

하고 있어 热損失을 減少시켜야 한다는 關心이 늘어가고 있다.<sup>16)</sup>

自然型 太陽熱시스템에서 南面의 집열창은 夜間에 가장 큰 热損失의 要因이 되어 이를 効果的으로 斷熱하지 않을 경우에는 自然型 太陽熱시스템의 效率이 低下되어 충분한 에너지 節約效果를 얻지 못할 뿐 아니라 室內 溫度變化幅의 增大로 热環境의 惡化를 招來한다.

더우기 建物의 斷熱施工이 強化될수록 창을 通한 热損失이 30 ~ 50 %를 차지하고 있어<sup>17)</sup> 夜間 혹은 흐린 날의 热損失을 방지하기 위한 斷熱構造 設置의 必要性은 크다고 할 수 있으며 특히 우리나라와 같은 한랭氣候에서는 太陽熱시스템의 热性能 向上과 快適한 热環境 유지를 위하여 必須의이다.

다음 (그림 2.5)는 過去 120 年 동안 美國에서 建設된 대표적 建物 4 개의 热損失 比率을 나타낸 것이다. 여기에서 볼 때 斷熱이 強化될 수록 창을 通해 損失되는 量이 많아짐을 알 수 있다.<sup>18)</sup>

### 2.2.2 夜間斷熱構造 設計時 考慮事項

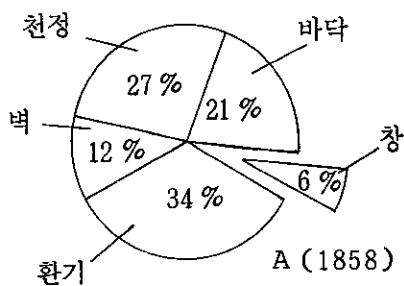
창을 通한 热損失에는 일반적으로 틈새의 크기, 외부기류의 속도, 방향 등과 관련이 있는 틈새바람에 의한 热損失, 그리고 辐射에 의한 热損失 등이 있다. 이러한 热損失을 줄이고 自然型 太陽熱建物의 热性能을 向上시키기 위한 夜間斷熱構造의 設計時には 다음과

---

註16) 建設部, 에너지 절약형주택 설계 및 시공, 1985, pp.23.

17) MID-ATLANTIC SOLAR ENERGY ASSOCIATION, Proceeding of Solar Glazing; 1979 Topical Conference, 1973, pp.13.

18) Langdon, William.k, Movable Insulation, Rodale Press, 1980, pp.9.

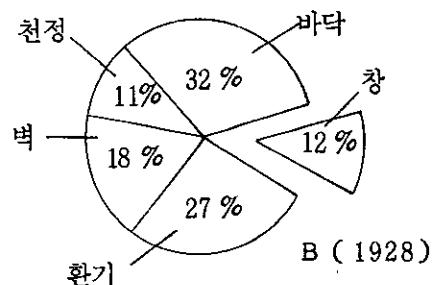


단열상태 : 단열이 되어있지 않고  
크랙 (Crack) 이 많다.

창 면 적 : 바닥면적의 9 %

환 기 량 : 일반

창 : 단창



단열상태 : 다락부분 ( 2 인치 )

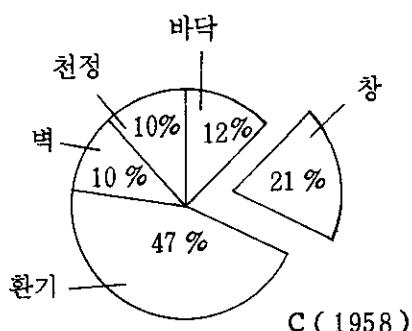
A보다 시공의 기밀

화가 이루어짐

창 면 적 : 바닥면적의 11 %

환 기 량 : 2 회 / hour

창 : 단창



단열상태 : 벽, 바닥 ( 3 인치 )

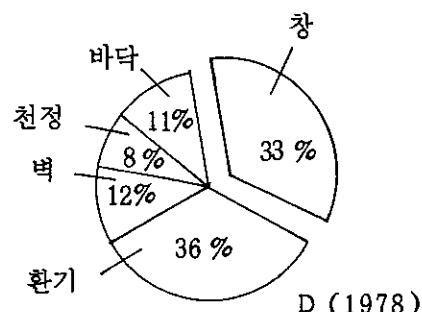
천정 ( 6 인치 )

창 면 적 : 바닥면적의 19 %

환 기 량 : 1.5 회 / hour

창 : 복창

( 그림 2.5 ) 창을 통한 热损失 比率 <sup>19)</sup>



단열상태 : 바닥 ( 6 인치 ), 벽 ( 5  
인치 ), 천정 ( 12 인치 )

창 면 적 : C 와 동일

환 기 량 : 0.75 회 / hour

창 : 복창

热损失 比率 <sup>19)</sup>

註 19) Ibid.

같은 事項을 考慮하여야 한다.<sup>20)</sup>

#### 가. 기밀성

斷熱構造와 유리사이의 空間의 空氣가 틈새 바람에 의해 外部空氣와 혼합되면 그 熱的性能이 떨어지므로 이런 현상을 방지하기 위해 斷熱構造의 下部, 側面, 上部 등에 기밀한 구성이 必要하다. 夜間 斷熱構造에 있어서 기밀의 效果는 트랙의 종류, 부품들의 결합, 材料의 연결 정도 등에 달려있고 그 기밀성은 4段階로 구분할 수 있으며 어떤 경우에는 R値에 따라 기밀이 요구되는 정도가 틀리므로費用의 낭비 없이 計劃하여야 한다.

#### 나. 耐久性

夜間 斷熱構造는 적어도 초기 투자비가 에너지 節約效果에 의해 相殺될 수 있는 投資回收期間 보다 더 오래 수명을 유지할 수 있는 耐久性을 지녀야 한다. 夜間斷熱構造의 耐久性은 구조체 자체의 견고성과 마모가 심한 부품의 교체사용, 외부설치의 경우는 自然的因素에 室內設置의 경우에는 内部의 충격에 견딜 수 있어야 한다.

#### 다. 耐濕性

建物 内部의 濕氣는 재실자들 자신과 그들의 活動에 의해서 發生되며 이 濕氣의 제거를 위한 지나친 換氣는 熱損失의 原因이 된다. 夜間斷熱構造가 室內쪽에 있을 때는 室內의 濕度가 높은 경우 斷熱 뒷부분에 결로발생의 가능성이 있으므로 斷熱構造에 방습층을 만들어 濕氣에 대비하여야 한다.

---

註 20) 韓國科學財團, op.cit., pp.II-14 ~ II-17.

#### 라. 斷熱의 程度

斷熱構造의 斷熱値에 따른 热損失의 減少는  $R_1 \sim R_3$  ( 약 0.205  $\sim 0.62 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$ )에서 크게 변하고 이중창을 한 경우  $R_5 \sim R_8$  사이에서 50 %까지 热損失을 減少시킬 수 있으며 그보다 커지면 에너지 節約效果가 虞화되므로 經濟性 등을 감안하여  $R_5 \sim R_8$  ( 약 1.03  $\sim 1.64 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$ )의 值을 갖는 斷熱材의 選擇이 적절하다.

#### 마. 作動의 容易性

作動시스템을 選擇할 경우 창의 높이에 따른 접근의 容易性, 창 주위의 家具, 植物 또는 인접벽 들과의 空間的 여유 등을 考慮하여야 한다. 夜間斷熱構造는 使用者가 利用하기에 어려움이 없도록 計劃하여 충실한 使用으로 에너지 節約效果를 增大시켜야 한다.

#### 바. 經濟性

夜間斷熱構造의 적절한 가격은 热損失 減少뿐 아니라 審美的 요소, 채광, 프라이버시 등과도 관련이 있으므로 經濟性은 나머지 다른 考慮事項들과 함께 다루어져야 한다.

#### 사. 耐熱性

夜間斷熱構造는 火氣에 노출될 가능성이 있으므로 可燃性이 높은 材料를 피하고 耐燃性이 있는 材料의 選擇 및 利用이 要求된다.

#### 아. 建築的 調和

建物의 美的인 면에서 창은 가장 중요한 構成要素의 하나이다. 建物은 機能뿐만 아니라 아름다워야 하므로 이 美的인 要素를 창에 설치된 夜間斷熱構造가 해치지 않도록 建築的 調和를 考慮하여 計劃하여야 한다.

2.2.3 自然型 太陽熱시스템에서 利用可能한 夜間斷熱構造  
 여러가지 斷熱構造 중에서 우리나라의 氣候條件 및 建築方式 등  
 에 적합하고 自然型 太陽熱시스템에서 利用가능한 夜間斷熱構造는  
 〈표 2.3〉과 같다.<sup>21)</sup>

〈표 2.3〉 自然型 太陽熱시스템별 利用可能한 夜間斷熱構造

시스템의 종류	위 치	야간단열구조의 종류
직접회득방식	집 열 창 내 부	커텐(측부, 상하부 개폐), Multiple Shade, Slatted Shutter, Quilt
	유리사이	Bead Wall, Honey Comb, Zig-zag folded
	집 열 창 외 부	Bottom Hinged Shutter, Slatted Shutter, Folded Shutter, Sliding Shutter
축열벽방식	집 열 창 내 부	커텐(측부, 상하부 개폐), Multiple Shade, Slatted Shutter, Quilt
	유리/벽	Bead Wall, Honey Comb, Zig-zag folded
	집 열 창 외 부	Slatted Shutter, Bottom Hinged Shutter, Sliding Shutter
부착온실방식	유리내부	Quilt, Slatted Shade, Curtain, Multiple Shade
	유리사이	Bead Wall, Zig-zag folded, Honey Comb
	유리외부	Quilt, Hinged Shutter

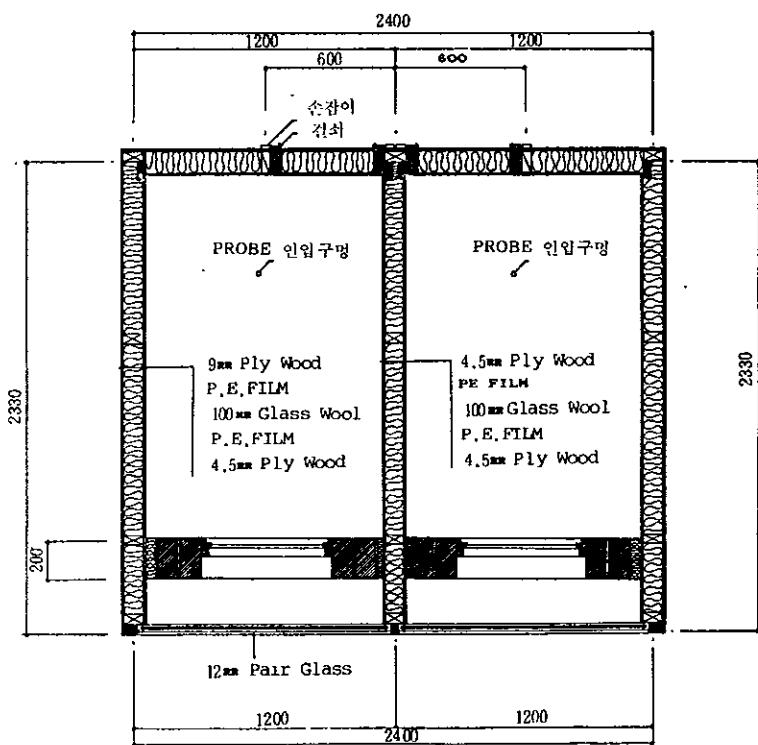
註 21) 韓國科學財團, '86 목적기초연구; 자연형 태양열시스템을 이용한 건물에너지 절약기술에 관한 기초연구(최종보고서), 1989.10,  
 pp.154.

### 3. 實驗用 모델을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 實驗

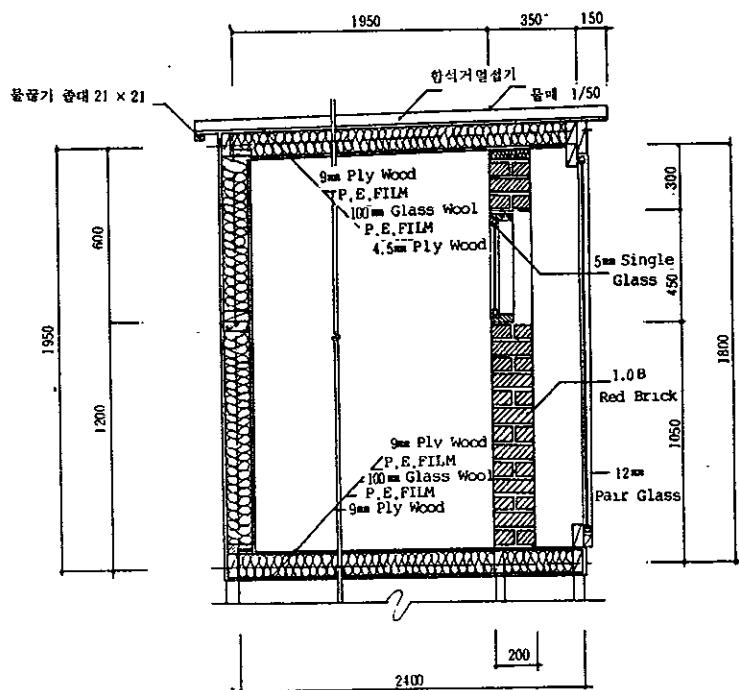
#### 3.1 热性能 實驗의 準備段階

##### 3.1.1 實驗用 모델의 設計 및 製作

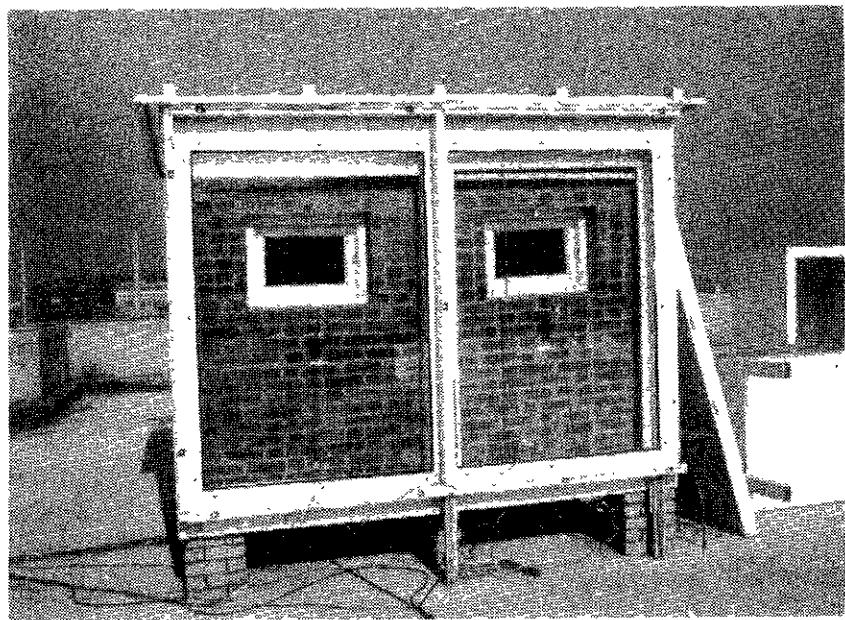
夜間 斷熱構造를 利用한 自然型 太陽熱 시스템의 热性能을 評價하기 위하여 蓄熱壁方式의 實驗用 모델을 設計 및 製作하여 夜間 斷熱構造를 設置한 경우와 設置하지 않은 경우의 시스템 热性能을 比較하였다. 實驗用 모델은 典型的인 住宅의 寢室을 面積比로 約 1/4로 缩小한 缩小모델 (Scale Model)로 同一한 조건을 가진 兩개의 室을 한 모델에 함께 나란히 配置하였다 (그림 3.1 ~ 그림 3.3).



(그림 3.1) 實驗用 모델의 平面圖



(그림 3.2) 實驗用 모델의 斷面圖



(그림 3.3) 實驗用 모델의 外觀

實驗用 모델은 前面에 남향의 集熱部로 使用할 수 있도록 12 mm의 2중유리와 1.0 B 두께로 쌓은 蓄熱壁으로 構成하였다. 外壁은 100 mm 유리섬유로 斷熱施工 ( $K = 0.29 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ) 하고 外部를 백색 유성페인트로 마감하여 外壁을 通한 热損失을 極小化하였다. 모델의 北面 外壁에는  $450 \times 1,050 \text{ mm}$ 크기의 개구부를 두어 出入을 可能하게 하였으며 틈새바람과 투습을 방지하기 위하여 모든 材料의 접합부분에는 실리콘을 충전하거나 고무패킹을 設置하였다.

〈표 3.1〉은 實驗用 모델의 概要를 나타내고 있다.

〈표 3.1〉 實驗用 모델의 概要

구 분	내 용
크 기	외 부 체 적 $1.95 \text{ m} \times 2.38 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 11.6 \text{ m}^3$
	내 부 체 적 $1 \text{ 실} = 1.1 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 1.75 \text{ m} = 3.66 \text{ m}^3$ $1 \text{ 조} (2 \text{ 실}) = 3.66 \text{ m}^3 \times 2 = 7.3 \text{ m}^3$
	내부바닥면적 $1 \text{ 실} = 1.1 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} = 2.1 \text{ m}^2$
	외 벽 면 적 $\text{동} \cdot \text{서측} = 1.95 \text{ m} \times 2.38 \text{ m} = 4.64 \text{ m}^2$ $\text{북} \cdot \text{측} = 1.95 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 4.88 \text{ m}^2$
	접 열 창 면 적 $1.1 \text{ m} \times 1.75 \text{ m} = 1.93 \text{ m}^2$
	지붕 $\text{W.P}(3회) + \text{합석}(31#) + \text{W.P}(2회) + \text{P.W}(9 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{G.W}(100 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{P.W}(4.5 \text{ mm}) + \text{W.P}(3회)$
구 성	외 벽 $\text{W.P}(3회) + \text{P.W}(9 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{G.W}(100 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{P.W}(4.5 \text{ mm})$
	바 닥 $\text{뜬구조}(\text{지상 } 300 \text{ mm}) + \text{W.P}(3회) + \text{P.W}(9 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{G.W}(100 \text{ mm}) + \text{P.E} + \text{P.W}(9 \text{ mm}) + \text{W.P}(3회)$
적용시스템 (남면)	축 열 벽 방식 외부 + 2중유리(12 mm) + 공기층(150 mm) + 적벽돌(1.0 B) + 내부
설치 위치	서울시 동작구 흑석동 중앙대학교 공대 옥상
설치 방위	정 남

\* W.P: 백색 페인트

P.E: 폴리스틸렌 필름

G.W(Glass Wool) : 유리섬유

P.W(Poly Wood) : 합판

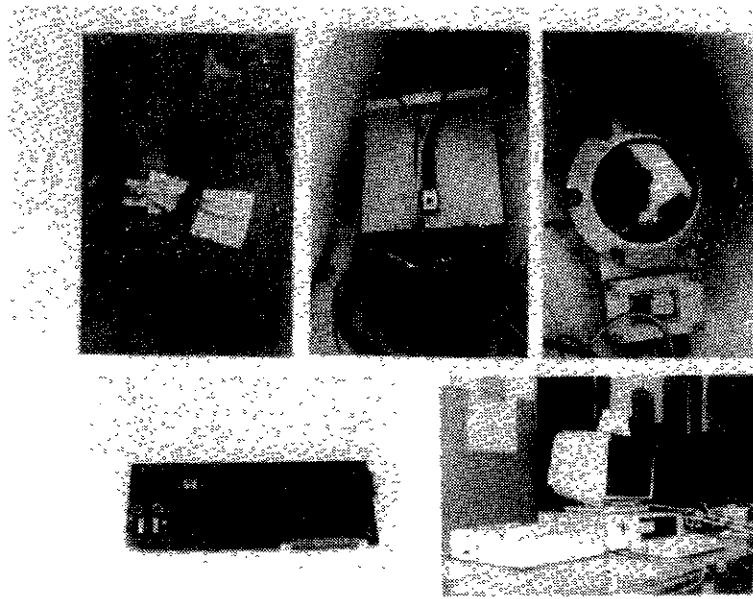
### 3.1.2 測定裝置

本研究에서는 각종 測定裝置를 利用하여 蓄熱壁시스템을 通한 内·外部溫度와 濕度 및 日射量을 測定하였다.

시스템을 통한 部位別 温度變化 및 室内外 空間의 温度變化는 測溫抵抗體인 PT 100Ω을 sensor로 使用하였고 여기서 받아들이는 analog 신호를 digital로 바꾸는 Converter를 開發하여 Computer에 연결함으로써 測定資料를 自動으로 記錄할 수 있도록 하였다. 實驗에 使用된 測定裝置의 概要是 <표 3.2>와 같고 (그림 3.4)는 温度 收去裝置를 보여주고 있다.

<표 3.2> 測定裝置의 概要

설 험 장 치	규 격	기 능	설치대수
Actinograph	OTA 23056	일사량측정	2
Hygro - themograph	Tomei Keiki 174 Range: -15°C ~ +40°C 0% ~ 100%	기온 및 습도의 자동측정 기록	1
온도 Sensor	Pt (백금) 100Ω RTD	온도측정	30
A-A Converter	DT-3300 Range : -30 °C ~ +100 °C	측정 온도를 Ana- log 신호로 변화	1
A-D Converter	KSE-86272, Input Range: DCO ~ 10 v, 0 ~ 5 v	Analog 신호를 Digital 신호로 변화	1
MUX - Scanner	KSE-86272, Relay: Contact Rating: 0.1A, 100VAC	Sensor의 선택제어	1
Computer 백 엔 상	IBM-XT Compatible CPU: 8088 1HD 2FDD 650 mm × 500 mm × 1,500 mm(H)	자료의 기록 및 분석 Hygrothemogra- ph 및 Sensor 설치	2 1



左上부터 시계方向으로 Sensor, A-A Converter, Mux Scanner, Computer, A-D Converter

(그림 3.4) 溫度 收去裝置

### 3.1.3 實驗用 夜間斷熱構造의 選定 및 設計·製作

自然型 太陽熱시스템에서 使用되는 夜間斷熱構造의 設計時 考慮해야 할 事項들과 함께 각 시스템의 热性能간의 相互關係를 考慮하여 蓄熱壁시스템의 特性에 맞는 夜間斷熱構造를 選定하여 热性能實驗을 實施하였다.

즉, 夜間斷熱構造의 热性能(斷熱性), 施工性, 기밀성, 耐久性, 經濟性, 審美性, 作動과 補修性 등의 7 가지 評價項目을 蓄熱壁시스템의 特性에 맞도록 評價比重을 設定한 後 選好行列 Matrix方法<sup>1)</sup> 과 屬性分別尺度法<sup>2)</sup> 등의 評價方式을 利用하여 蓄熱壁시스템에 가장 적합한 夜

註 1) 윤장섭譯, 건축계획 방법론, 태림문화사, 1987, pp. 59.

2) Ibid., pp. 79.

間斷熱構造를 選定하였다.

〈표 3.3〉은 選好行列 Matrix 方法에서 적용된 각項目의 評價比重을 보여주고 있다.

〈표 3.3〉評價比重項目의 序列

서열 시스템	1	2	3	4	5	6	7
축열벽방식	시공성	작동과 보수성	열성능	기밀성	경제성	심미성	내구성

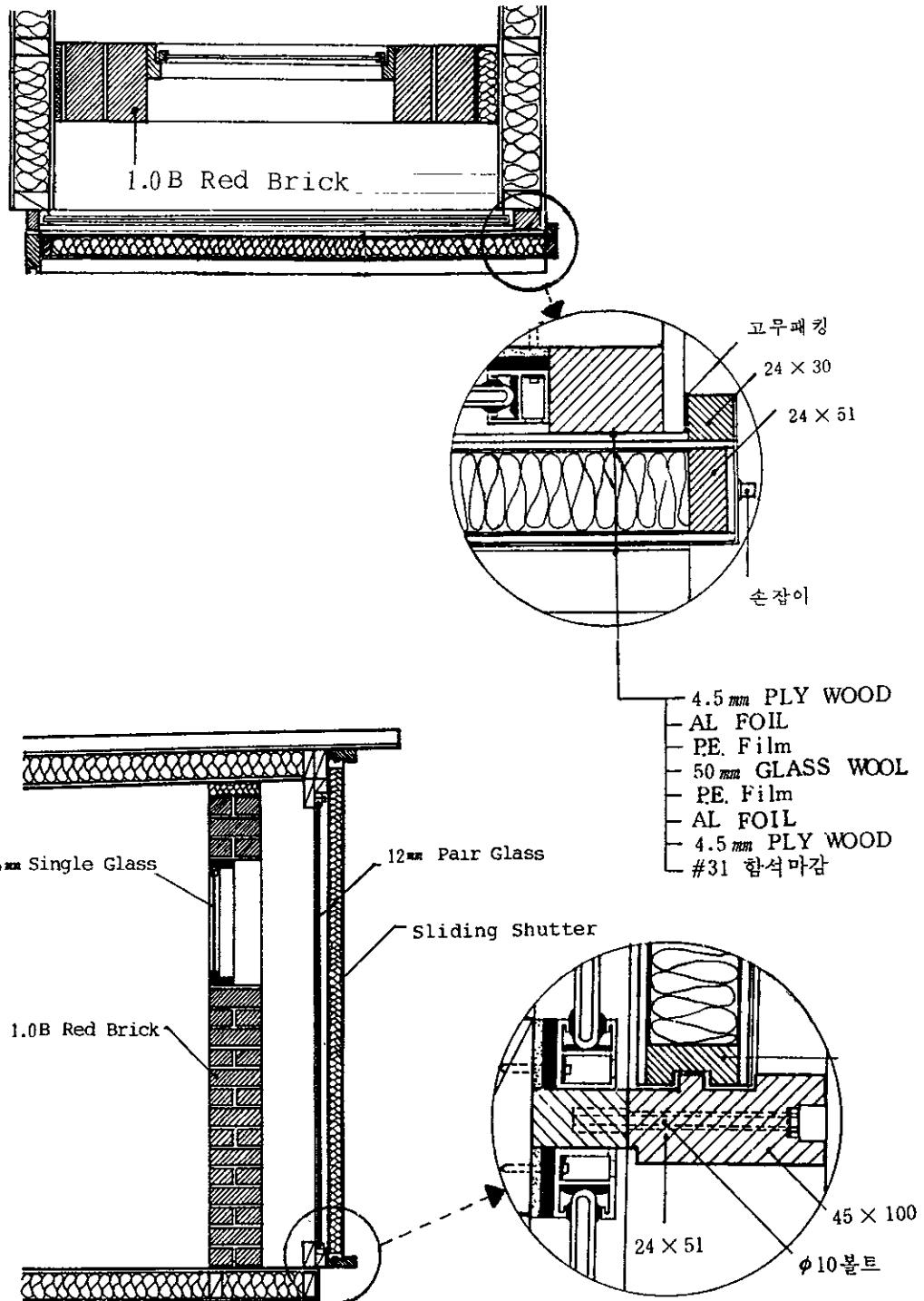
이와같은 過程을 거쳐 選定된 實驗用 夜間斷熱構造는 〈표 3.4〉와 같다.

〈표 3.4〉 實驗用 夜間斷熱構造의 選定

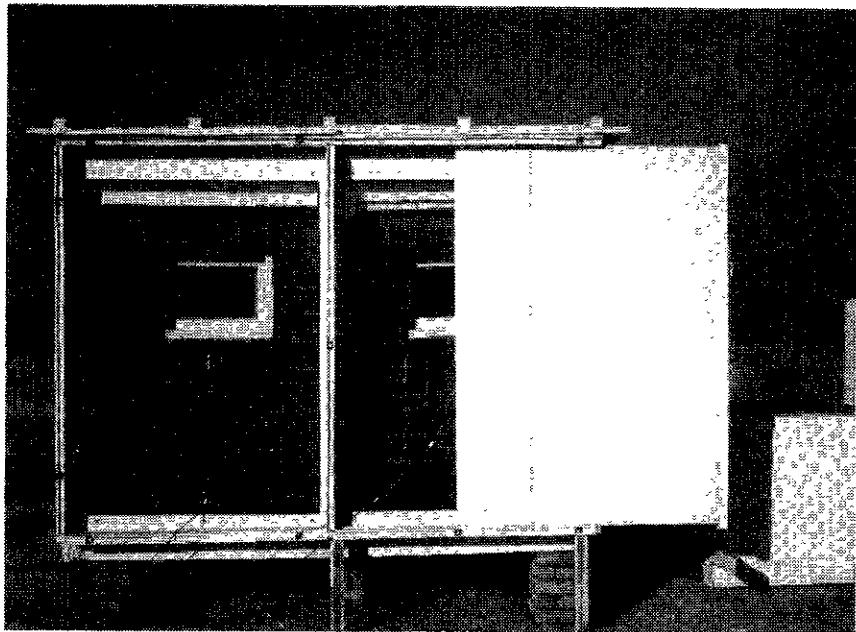
	설치위치	단열구조의 종류	비고
축열벽	집열창 / 벽사이	Roll Shade	공장생산 현장조립
방식	집열창 외부	Sliding Shutter	현장 제작

### 가. Sliding Shutter

51 mm × 24 mm 크기의 단일 frame 兩面에 4.5 mm 합판을 대고 外部面은 합석으로 마감하고 방수페인트를 塗裝하였으며 内部에는 50 mm 유리면, 알루미늄 foil 및 폴리에틸렌 필름으로 構成되어 있고 크기는 1,612 mm × 1,211 mm이다. 左右의 접합부분은 고무패킹으로 하고 上下에는 턱을 두어 틈새바람의 影響을 줄였다. 热관류저항은 R - 9 (약 1.85 m<sup>2</sup> h °C / kcal) 정도이며 手動으로 設置하는 方式이다 (그림 3.5 ~ 3.6).



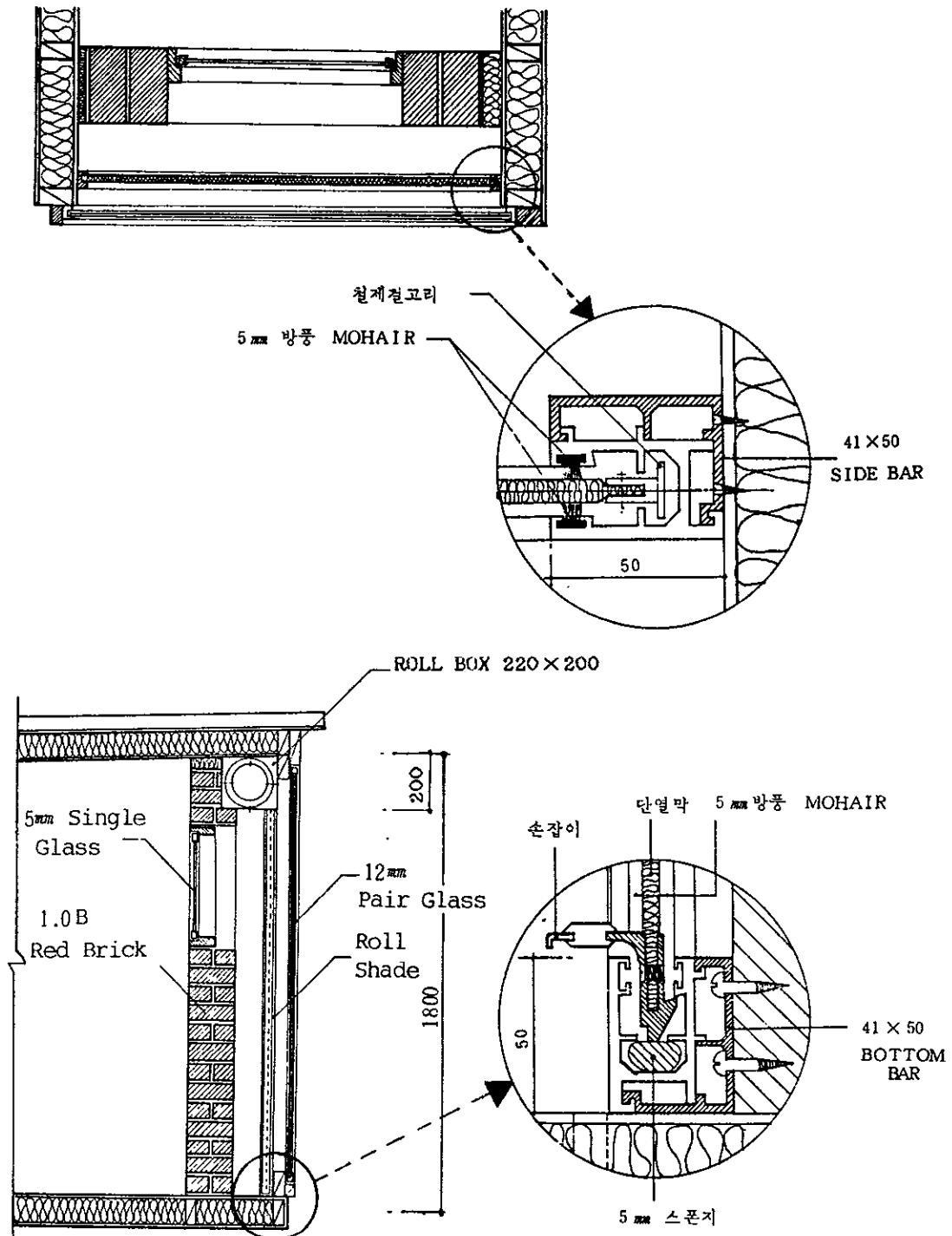
(그림 3.5) Sliding Shutter (蓄熱壁方式 外部)



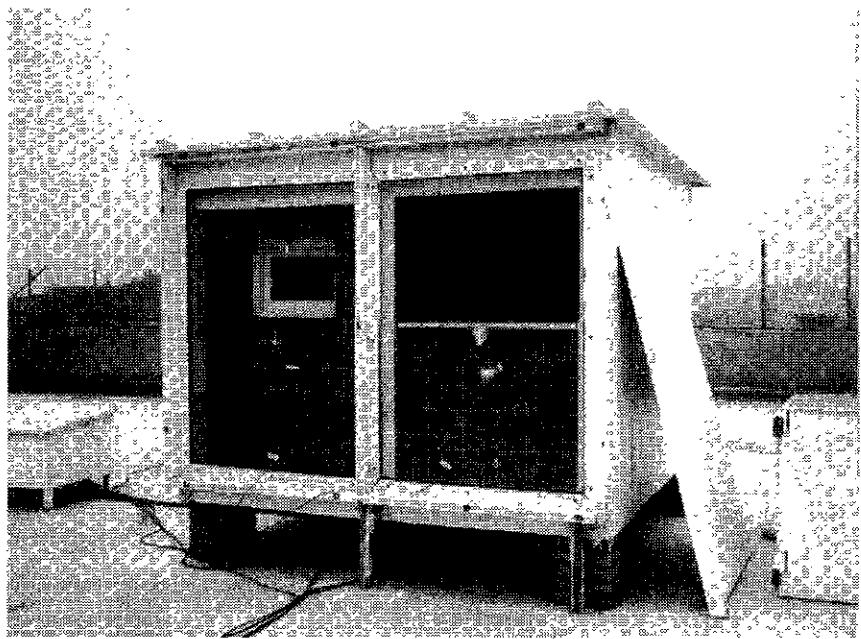
(그림 3.6) 製作・設置된 Sliding Shutter 外觀

#### 나. Roll Shade

일종의 Quilt 構造로 斷熱膜은 방수천, 부직포, 폴리에틸렌 필름, 공기막, 아릴론 섬유, 석면포로構成되어 있고 두께는 6 mm 정도이며 热抵抗은 R-3 (약  $0.59 \text{ m}^2 \text{h}^\circ\text{C} / \text{kcal}$ ) 정도이다. 支持構造의構成은 上部에 스프링이設置된 Roll Box가 있고 側部에 5 mm 두께의 방풍용 mohair가 부착된 Track이 있으며 下部에는 5 mm 스폰지가 부착된 Bottom Bar가 있어 틈새 바람의 影響을 簇小化하고 있다(그림 3.7 ~ 3.8).



(그림 3.7) Roll Shade (蓄熱壁方式 内部)



(그림 3.8) 製作 設置된 Roll Shade 外觀

#### 3.1.4 夜間斷熱構造의 斷熱값 實驗

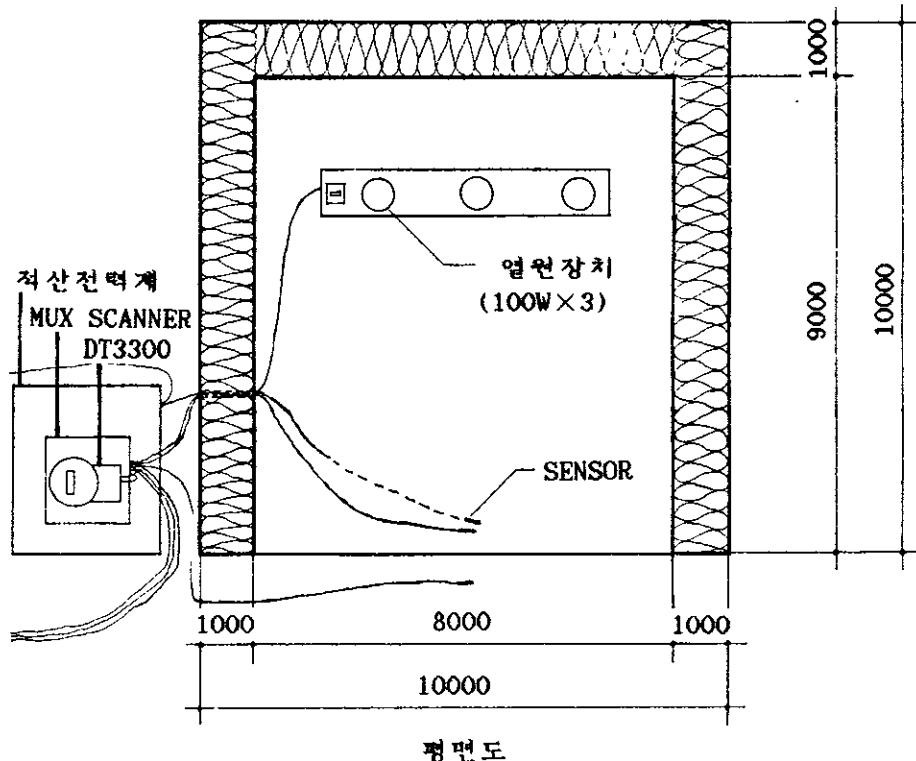
本 研究에서 使用된 夜間斷熱構造는 대부분 그 構成이 매우 複合的이고 또 各 使用材料의 정확한 物性值를 확인할 수 없는 경우가 있기 때문에 간단한 간이 热 관류율을 實驗裝置를 使用하여 热 관류율을 测定하고<sup>3)</sup> 이 测定값과 數計算을 通하여 얻은 值을 比較하였다. 간이 热 관류율을 测定器는  $1.0\text{ M} \times 1.0\text{ M} \times 1.0\text{ M}$  크기의 장방형 Box로 Box의 5面은 100 mm 두께의 경질 폴리우레탄 포음으로構成되어 이를 通한 热損失을 最少化하였고 한쪽면만 開放되어 있어 裏

---

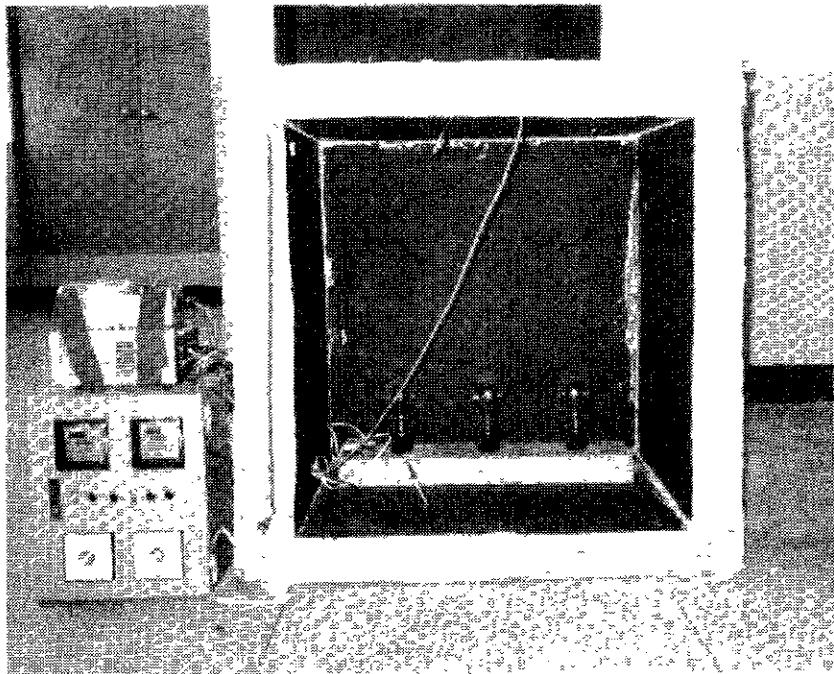
註 3) 한국 동력자원연구소, 에너지 절약형 단열커텐재 개발에 관한 연구, 1987.

面에 热传导率을 测定하고자 하는 벽체의 材料를 부착할 수 있게 하였다.

测定 Box의 内部에는 100W짜리 백열전구 3개로構成된 열원 장치와 함께 자동온도 조절기를 裝置하여 Box 内部溫度를 일정하게 조절되도록 하였다. 열원장치와 자동온도 조절기는 外部에 設置된 電力測定設備과 연결되어 室內基準溫度를 유지하기 위해 일정기간 동안 使用된 電氣의 量을 测定할 수 있도록 하였다.(그림 3.9~3.10)



(그림 3.9) 热传导率을 测定裝置의 平面圖



(그림 3.10) 간이 热관류을 测定器 外觀

간이 热관류을 测定裝置에서 热관류을을 計算하기 위해 使用된 式은 다음과 같다.<sup>4)</sup>

여기서  $K$  : 열 관류율 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$Rt$  : 열 관류저항 ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )

$T_i$  : 측정 Box 내부기준온도 ( $^\circ\text{C}$ )

$T_o$  : 외부온도 ( $^\circ\text{C}$ )

$A$  : 재료의 면적 ( $\text{m}^2$ )

$Q$  : 측정 Box에 유입된 시간당 열량 (W)

---

註 4) 李彥求, 金光禹 共譯, 건축환경과학, 태림문화사, 1988, pp.33 ~ 36.

이와 같은 計算式에서 모든 變數는 測定 또는 調節이 可能하나 外部氣溫 ( $T_o$ )는 간이 實驗裝置에서 調節이 不可能하므로 비교적 氣溫이 일정하게 유지되는 室內空間을 擇하여 장시간 동안 연속 測定된 값을 平均하여 使用하였다. <表 3.5>

<表 3.5> 夜間斷熱構造의 構成 및 热性能

단열구조	재료	열 저항 ( $m^2h^\circ C/Kcal$ )	열 관류율 (Kcal/ $m^2h^\circ C$ )	비고
Sliding Shutter	4.5 mm 합판	0.035		
	폴리에틸렌필름	0.001		
	알루미늄포일			* 실험치
	50mm 유리섬유	1.61	0.546	
	폴리에틸렌필름	0.001		
Roll Shade (내부용)	4.5 mm 합판	0.035		
	방수천			
	석면포			
	폴리에틸렌필름	0.59	1.355	* 평균열관류율
	알루미늄포일			
	아릴렌섬유			

### 3.2 热性能 實驗

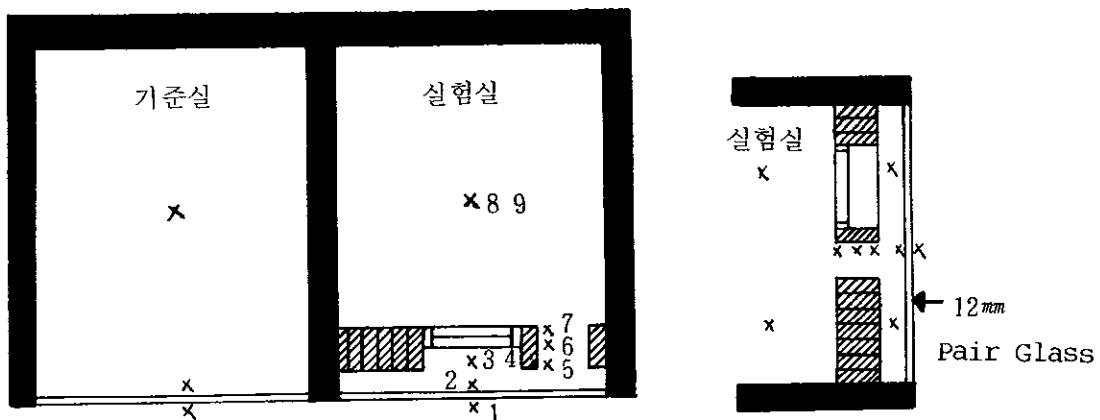
夜間斷熱構造를 利用한 热性能 實驗은 1988年 12月 24日부터 1989年 1月 18日까지 『實驗 - 1』과 『實驗 - 2』로 나누어 각각

일주일 씩 두 차례에 걸쳐 실시하였다. <表 3.6>

<表 3.6> 實驗 進行表

적용시스템	구 분	실험 기간	야간단열막	설치위치	설치시간
축 열 벽	실험 - 1	88.12.24~ 12.31	Sliding Shutter	집 열 창 외 부	오후 5 시 - 다음날 오전 8 시
	실험 - 2	89. 1.11- 1.18	Roll Shade	집열창파 벽 사이	"

모든 實驗에서는 重要的 測定支店에는 sensor를 2 개씩 設置하여  
測定資料를 확인하였으며 實驗에 따라 각각 30 개의 sensor를 設  
置하였다. (그림 3.11)



(그림 3.11) Sensor의 設置 位置

本 研究를 通하여 收去된 收集資料의 内容은 <표 3.7>과 같다.

<표 3.7> 收集資料의 内容

시스템	기호	내용	비고
축열벽	Toa	외기온	Sensor + 자기온습도계 Actinograph
	Rad	수평면 일사량	
	TS-ig	내부 창표면 온도	
	TS-imt	집열창 / 축열벽사이온도	
	TS-ow	축열벽 외표면 온도	
	TS-mw	축열벽 내부 중간온도	
	TS-iw	축열벽 내표면 온도	
	TS-ist	유리 / 단열막사이 온도	
	TS-up	실내 상부 온도	
	TS-down	실내 하부 온도	
방식	TS-int	실내 평균 기온	$\{(TS-up)+(TS-down)\}/2$

實驗結果에 關한 分析은 각 實驗마다 7 일간의 資料中 마지막 3 일간의 資料를 中心으로 하였는데 이는 自然型 太陽熱시스템에 있어서 蓄熱壁의 蓄熱效果는 太陽軸射熱에 처음 露出된 시점부터 약 5 일이 경과한 後부터 비로소 室內溫度變化에 安定的으로 影響을 미친다는 既存研究結果<sup>5)</sup>에 根據를 둔 것이다.

註 5) 李明浩, TTC법을 이용한 축열체의 설계방법에 관한 연구, 한국 태양에너지 학회 발표논문집, 1989.5, pp.27.

Sliding Shutter 를 外部斷熱構造로 使用한 蓄熱壁方式에서는 實驗室의 平均氣溫이 基準室에 比해 3.0 °C 높았으며 이와같은 溫度上昇效果는 3일간의 實驗期間을 通하여 비교적 일정하게 유지되는 것을 알 수 있었다 <표 3.8>.

<표 3.8> 『實驗 - 1』의 溫度分布表

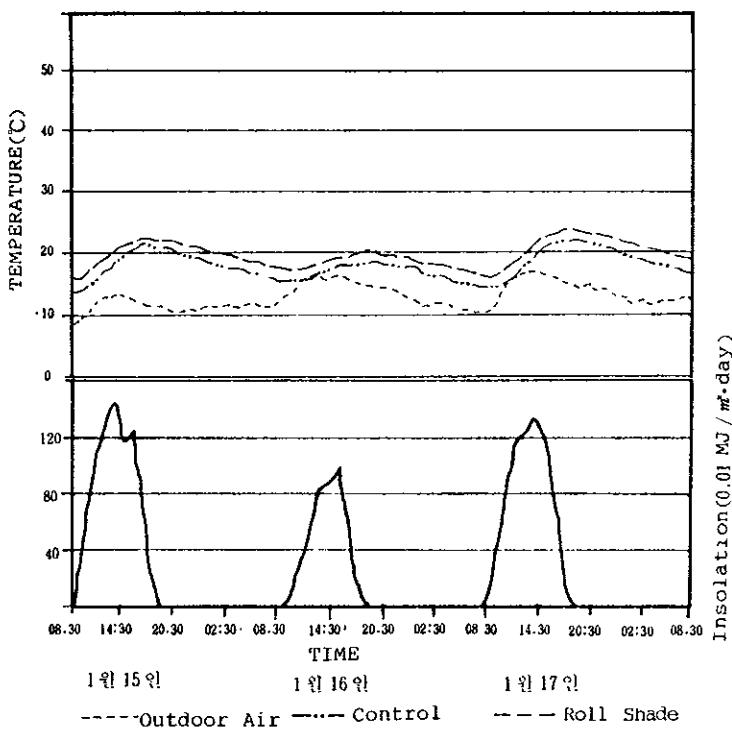
( 단위 : °C )

시스템	구분	제 1일	제 2일	제 3일	평균일
외기온	최고	1.4	3.9	5.2	3.5
	최저	-4.8	-4.0	-4.0	-4.3
	평균*	-0.7	0.2	0.9	0.6
축열벽방식	기준실	최고	8.7	5.3	8.5
		최저	-1.2	1.0	2.6
		평균*	4.0	3.2	4.7
	실험실	최고	12.7	8.2	12.6
		최저	2.3	3.6	3.0
		평균*	7.1	5.8	7.7

(\* 평균은 24시간 동안의 온도를 산출평균한 값임)

## 2. 實驗 - 2

『實驗 - 2』는 침열창과 蓄熱壁 空間사이에 設置한 Roll Shade의 热性能을 測定한 것으로 實驗期間중 外氣溫의 分포는 最低 -2.4 °C, 最高 6.7 °C였고 3일간의 平均氣溫은 3.0 °C였다. 수평면 日射量은 日最高平均 1.23 MJ로 비교적 쾌적한 날씨가 계속되었다(그림 3.13).



(그림 3.13) 『實驗 - 2』의 溫度分布圖

Roll Shade 를 內部斷熱構造로 使用한 蓄熱壁方式에서는 實驗室의 平均氣溫이 基準室에 비해  $1.8^{\circ}\text{C}$  上昇하였고 平均最高 氣溫은  $1.1^{\circ}\text{C}$  上昇한데 比해 平均最低 氣溫은  $2.2^{\circ}\text{C}$  上昇하여 전반적인 溫度 變化幅이 減少하였다 <표 3.9>.

〈 표 3.9 〉 『 實驗 - 2 』의 溫度分布表

( 단위 : °C )

시스템	구분	제 1일	제 2일	제 3일	평균일
외기온	최고	3.4	6.7	7.3	5.8
	최저	-2.4	0.0	1.4	-0.3
	평균*	0.7	3.6	4.6	3.0
축열벽방식	기준실	최고	11.9	8.8	12.0
		최저	2.7	5.1	3.9
		평균*	7.2	7.0	7.4
	실험실	최고	12.2	10.0	13.9
		최저	5.0	7.2	6.1
		평균*	8.7	8.8	9.1

( \* 평균은 24시간 동안의 온도를 산술평균한 값임 )

### 3.3 热性能 實驗의 結果

本研究에서遂行된 热性能 實驗의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 蓄熱壁方式에서 外部斷熱構造로 使用된 Sliding Shutter는 室內溫度를 曇夜間에 모두 일정하게 약  $3.0^{\circ}\text{C}$  上昇시킴으로써 시스템의 热性能 向上效果가 우수하다고 判斷된다.

2. 蓄熱壁方法에서 Roll Shade를 内部斷熱構造로 사용하였을 때 實驗室의 室內 平均氣溫은 基準室에 比해  $1.8^{\circ}\text{C}$  上昇하고 室內 溫度變化幅도 減少(平均  $1.1^{\circ}\text{C}$  감소)하므로 시스템의 热性能이 向上되었다.

#### 4. Computer Program을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 Simulation

本 研究에서는 自然型 太陽熱시스템에 있어서 스케일 모델을 利用한 夜間斷熱構造의 热性能 實驗과 함께 Computer Program을 利用하여 시스템의 性能分析과 室內 溫度變化를 計算하여 热性能 實驗結果와 比較하였다.

蓄熱壁시스템의 室內 溫度變化를 豫測하는데는 『TTC』(Thermal Time Constant, 热時間 常數)<sup>1)</sup> 方式의 Program을 利用하였고 시스템의 負荷計算을 위하여는 『Method 5000』<sup>2)</sup> 方式의 Program을 利用하였다.

##### 4.1 Simulation Program

###### 4.1.1 TTC(Thermal Time Constant, 热時間 常數)<sup>3)</sup>

『热時間 常數(TTC)』에 關한 概念은 Bruckmayer에 의하여 처음 提案되었고 그 後 Raychaudhury와 Chaudhury에 의하여 發展되었다. 일반 建築物의 热流解析과 太陽熱시스템의 热流解析이 可能한 것이 『TTC』法의 特徵이라고 할 수 있다. 『TTC』는 建築物의 벽체와 같은 外皮에 時間當의 外氣溫度에 比하여 內部溫度가 1°C

註 1) Givoni, B, Man, Climate and Architecture, Applied Science Publishers LTD, 1976, pp.434 ~ 450.

2) ACHARD, P and R.GICQUEL PASSIVE SOLAR HANDBOOK, EC, 1986, pp.A. 39 ~ A.78.

3) Givoni, B, op.cit., pp.434 ~ 450.

上昇함에 따라  $1\text{ m}^2$ 의 表面積에 蓄熱되는 热量을 뜻한다.

熱時間 常數는 建物전체의 热應答을 나타내는 热 物理的 媒介變數이다. 热時間 常數가 작으면 溫度의 單位 變化를 誘發하는데 必要한 热의 流動은 작아지고, 반대로 热時間 常數가 커지면 热의 流動은 커진다.

數學的으로 『TTC』는  $Q/U$ 의 比率로 각각의 多層壁을 解析한다.  
이 때  $Q$ 는 蓄熱量이고  $U$ 는 热傳導率이다.

$$TTC = Q/U = \sum Q_i/U$$

$$Q_1/U = (R_{so} + l_1/2k_1)(1/\rho c)_1$$

$$Q_2/U = (R_{so} + l_1/k_1 + l_2/2k_2)(1/\rho c)_2$$

$$Q_i/U = (R_{so} + l_1/k_1 + \dots + l_i/2k_i)(1/\rho c)_i$$

여기서  $R_{so}$  : 외표면의 열전달률

$l_i$  :  $i$  층의 두께

$k_i$  :  $i$  층의 열전도율

$(lc)_i$  :  $i$  층의 열용량

$\rho$  : 밀도

$c$  : 비열

Time Lag은 다음과 같다.

$$T_{24} = 1.18 + \frac{2\pi}{24} \times \frac{Q}{U}$$

$T_{24}$  : Time Lag

진폭감쇄율 (Decrement Factor) 은 다음과 같다.

$$D = \frac{Toa - Tia}{Toa} \quad \text{또는} \quad D = \frac{Tsol - Tia}{Tsol}$$

즉, 여기서  $D$  : 진폭감쇄율 (Decrement Factor)

$Toa$  : 외기온 피크치

$Tia$  : 실내기온 피크치

$Tsol$  : 상당외기온 (Solar Air Temperature) 피크치

『TTC』概念은 그後 Raychaudhury, Chaudhury, Waris, Pratt, Ball 등에 의해 總熱時間 常數 (Total Thermal Time Constant, TTTC)로 發展하였다. 總熱時間 常數 (TTTC)는 構造體의 热吸收 能力を 말하는 것으로 다음과 같이 表現된다.

$$\text{즉, } TTTC = \frac{\sum_k Ak(TTTC_k)}{\sum_k Ak} + Qimass \left( \frac{\sum_k Ak R_k}{\sum_k Ak} + Rsi + \frac{1}{4} Rimass \right)$$

여기서,  $K$  : 단위 벽

$Ak$  : 벽  $k$ 의 표면적

$Rsi$  : 내부표면의 열저항

$Rimass$  : 내부 mass의 열용량

$$Qimass = \frac{1}{2} (\text{외피단위면적당 내부 mass의 무게}) \times \text{비열}$$

또한, 換氣를 고려한 TTC는 Hoffman에 의해 다음과 같이 정의 되었다.

$$TTTC(\text{환기}) = \frac{(TTTCB)Ut}{Ut + N(\rho C)air \frac{V}{Ak}}$$

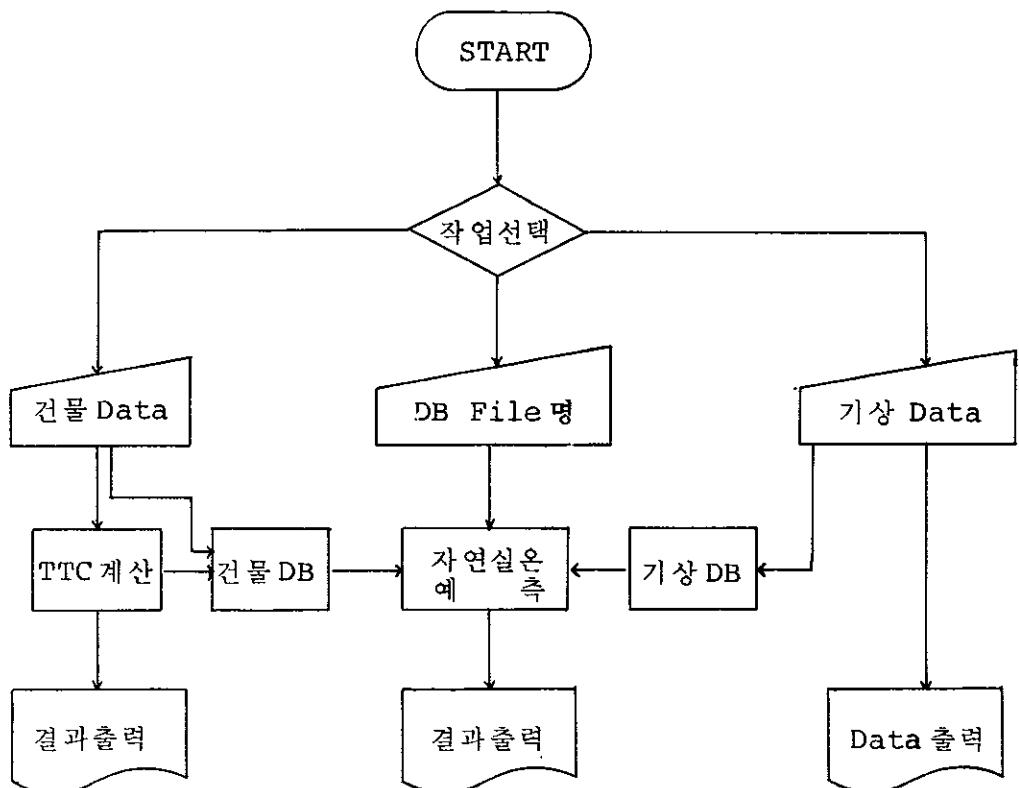
$Ut$  = 실내에서 실외 공기까지의 열관류율

$N$  = 환기 회수

$(\rho C)air$  = 공기의 열용량

$V$  = 실내 용적

『TTC』方式은 資料 入力過程이 複雜하여 간단한 數 計算으로는 처리할 수 없기 때문에 이를 Computer Program으로 作成하여 計算하였다. 여기서 使用된 『TTC』는 热環境에 影響을 주는 모든 變數의 值을 考慮한 『Total TTC』의 值을 使用했고 溫度變化豫測部分에서는 日射吸收率, 表面放射率, 太陽의 高度, 壁體의 角度, 外氣溫, 日射, 수증기분압 등의 資料를 通하여 相當外氣溫度(Solar Air Temperature), 表面溫度 그리고 室內溫度豫測하였다(그림 4.1).



(그림 4.1) 『TTCj Program의 Flow-Chart

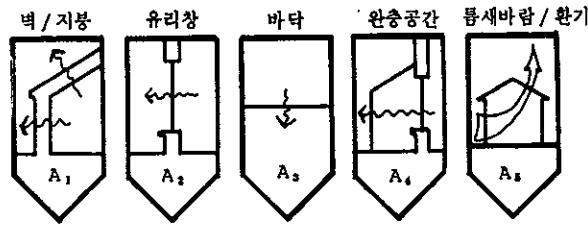
#### 4.1.2 Method 5000<sup>4)</sup>

『Method 5000』은 Degree Day 概念으로 프랑스 國立建築研究所 (C.S.T.B)에서 實驗을 通해 開發된 것으로 夜間斷熱에 關한 內容도 포함하고 있어 自然型 太陽熱시스템에 간단히 적용시킬 수 있는 方式이다.

『Method 5000』 方式은 建物에서 太陽熱 獲得을 考慮하지 않은 煙房負荷와 自然型 太陽熱시스템 및 内部 热發生으로 인한 有効太陽熱 (Useful Solar) 獲得量과의 차이로써 補助煙房量을 月別로 計算하는 데 그 方法을 要約하면 다음과 같다. (그림 4.2)

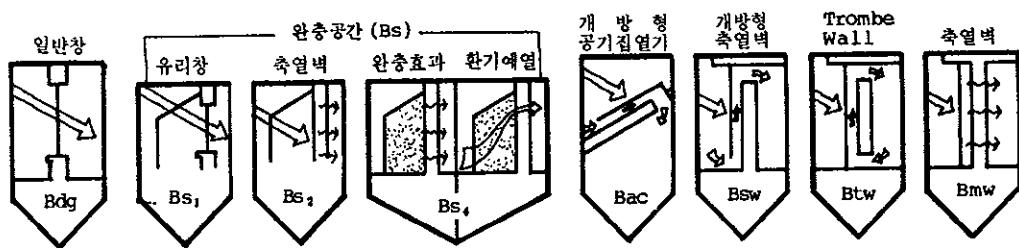
註 4) ACHARD, P and GICQUEL, R, op.cit., pp.A.37 ~ A.52.

A. 태양열과 내부열 발생을 고려하지 않은 열손실과 월간난방부하 계산



월간 난방부하 ( $Q_{ng}$ )

B. 자연형태양열 시스템에 의해 취득되는 일사량 계산



일사 획득량의 합계 ( $\Sigma \phi_{solar}$ )

C. 일사와 내부열 발생을 고려한 유효획득량 및 보조난방부하

$$\text{유효획득량} (\Sigma Q) = \text{순수획득} \times \eta \times N$$

순수획득 : 내부열획득 + 일사획득

$\eta$  (이용율) : 주택의 축열용량에 따른 함수

$$\text{보조난방부하} (\Sigma Q_{aux}) = Q_{ng} - \Sigma Q$$

(그림 4.2) 「Method 5000」 Program의 Flow-Chart<sup>5)</sup>

註 5) Ibid, pp. 5.30 ~ 5.31.

『Method 5000』 Program에 의한 年間 補助暖房負荷는 다음과  
같이 크게 세부분으로 計算한다.

가. 太陽熱과 内部 热發生을 考慮하지 않은 热損失 및 月間 暖  
房負荷의 計算

이 부분은 外氣溫과 暖房空間을 分離시키는 외벽, 유리창, 바닥 및  
틈새 바람에 의한 热損失을 計算하고 暖衝空間에 대해서도 마찬가지로  
計算한다.

먼저 建物의 外壁 및 지붕을 通한 热損失은 各 部材의 热관류율  
에 면적을 곱하여 구한다. 夜間斷熱을 使用하였을 때는 夜間斷熱이 없  
는 상태, 즉 畫間의 U 값과 夜間斷熱을 設置한 夜間의 U 값을 따로  
計算한다.

$$\text{Heat Loss} = \text{U-value} \times \text{면적}$$

外氣溫을豫熱시키기 위해 使用된 太陽熱벽 (Solar Wall), 즉  
mass wall 또는 Trombe Wall에 대한 U 값은 다음 式에 의하  
여 計算되어 진다.

$$1/U = rg + ra + rwall + rs (m^2\text{C}/W)$$

여기서 rg : 유리창의 열전도 저항

ra : 유리창과 야간단열사이 공기층의 열전달 저항

rwall : 벽 자체의 저항

rs : 내외부의 표면 열전달 저항의 합  
( $rs = 0.17 m^2\text{C}/W$ )

外部 유리창을 통한 热損失도 역시 창의 열관류율과 면적을 곱하여 구하고 夜間斷熱이 있는 경우는 다음의 式을 사용한다.

$$1/U\text{-night} = rg + ra + rni + 0.17 (m^2\text{C} / W)$$

여기서  $rni$  : 야간단열구조의 열전도저항

또한 緩衝空間을 통한 热損失은 煖房空間에서 완충空間으로 損失되는 열량을  $Lb$ , 완충space에서 外氣로 損失되는 열량을  $Lh$ 로 計算한 後, 热損失 節減率 (heat loss reduction coefficient, Clb) 을 다음 式으로 구한다.

$$Clb = Lb / (Lh + Lb)$$

그 다음 완충space를 통하여 煖房space으로 부터 外氣로 損失되는 열량을 구한다.

$$\text{즉, Heat Loss} = Lh \times Clb$$

또, 틈새바람 및 환기를 통한 热損失은 室內로 도입되는 外氣의 양을  $qt$  ( $m^3 / h$ ) 라고 할 때  $0.34 \times qt$ 로 계산되는데, 热교환기 (heat exchanger)나 완충공간 혹은 太陽熱시스템을 통한 換氣効果 등이 建物에 적용된다면 이들의 効果를考慮하도록 한다.

이와같이 하여 계산된 시간당 热損失率을 曝間과 夜間을 구분하여 (夜間斷熱構造가 있을 경우) 각각 합산을 하여 曝間과 夜間의 總热損失率을 구한 다음 热損失만을 고려한 月間緩房負荷를 구하게 된다. 이때 먼저 각달의 난방도일을 구하면 다음과 같다.

$$DDm = (Tt - To) \times N$$

여기서,  $N$  : 月別日數

$Tt$  : 실내기준온도 (Thermostst Temperature) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$To$  : 월평균 외기온 ( $^{\circ}\text{C}$ )

그 다음 1일  $1^{\circ}\text{C}$  온도차에 따른 热損失量은 다음과 같다.

$$LL = \{H \times \text{주간열손실율} + (24 - H) \times \text{야간열손실율}\} / 1000$$

(Kwh/ $^{\circ}\text{C}$  day)

여기서  $H$  : 야간단열구조가 설치되지 않은 주간의 시간 수  
따라서 热損失만을 고려한 月間暖房負荷는 다음과 같이 구해진다.

$$Qng = LL \times DDm (\text{Kwh/month})$$

이때 年間 暖房負荷係數 ( $G$ )는

$$G = Qng \text{ tot} / (0.024 \times Vh \times DDa) (\text{W}/m^2\text{ }^{\circ}\text{C})$$

여기서  $Qng \text{ tot}$  : 손실만을 고려한 연간난방부하 (월간난방부  
하의 합)

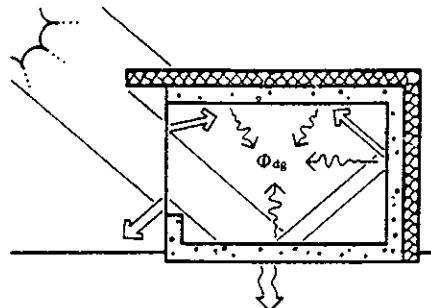
$Vh$  : 난방공간의 체적 ( $m^3$ )

$DDa$  : 연간난방도일 (월간난방도일의 합)

나. 自然型 太陽熱시스템에 의하여 取得되는 日射量 計算

여기서는 일반적인 日射取得을 모두 다루고 있다.

### 1) 直接獲得方式 (Direct Gain, Bdg)



(그림 4.3) 외부창을 통한 太陽熱 獲得 ( $\Phi_{dg}$ )

$$\Phi_{dg} = E \times A \times m \times C_c \times S_f \times C_f \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $E$  : 유리창  $1 m^2$  당 입사되는 일사량 (Kwh/ $m^2$  day)

$A$  : 창틀을 포함한 유리창의 면적

$m$  : 유리창의 순면적 비율 (보통  $0.65 \sim 0.8$ )

$C_c$  : 망창 (net curtains)의 유효 일사관류율

(보통  $C_c = 0.93$ , 망창이 없을 때  $C_c = 1$ )

$S_f$  : 유리창의 차폐율

$C_f$  : 바닥의 단열정도에 따른 태양열 손실계수 (바닥이

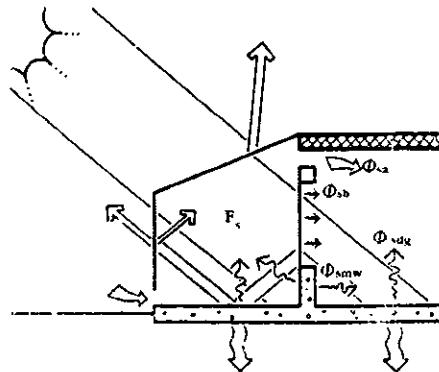
충분히 단열이 되었거나, 두 난방공간을 연결하

는 중개바닥인 경우에  $C_f = 1$ 이고, 그외는

$C_f < 1$ )

### 2) 附着溫室方式 (Sunspace, Bs)

溫室에서는 에너지가 4 가지의 서로 다른 方法으로 燬房空間으로 傳達된다. (그림 4.4)



(그림 4.4) 附着溫室을 通한 太陽熱 獲得

가) Sunspace 와 煙房空間사이의 유리창을 통한 獲得 ( $\phi_{sdg}$ )

$$\phi_{sdg} = E \times \tau_s \times A \times m \times Sf \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $E$  : 유리창의  $1 m^2$ 당 입사되는 일사량 (Kwh/m<sup>2</sup>day)

$\tau_s$  : 온실의 외표면 전체에 입사되는 태양열 투과율로 다음 식으로 계산된다.

$$\tau_s = \tau \times m_s$$

$\tau$  : 유리창 자체의 투과율 (단창일 때는 0.79,

이중창 일 때는 0.63)

$m_s$  : 온실 유리창의 순면적 비율

$A$  : 온실과 난방공간사이의 유리창 면적 (창틀 포함)

$m$  : 온실과 난방공간사이의 유리창 순면적 비율

$Sf$  : 유리창의 차폐율

나) Sunspace 内部의 蓄熱壁을 通한 獲得 ( $\phi_{smw}$ )

$$\phi_{smw} = 0.11 \times U \times \alpha \times Ei \times \tau_s \times A \times Sf \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $U$  : 축열벽의 열관류율 ( $W/m^2\text{C}$ )

$\alpha$  : 축열벽의 흡수율 (흑색 무광표면 일 때

$$\alpha = 0.95)$$

$Ei$  : 축열벽  $1 m^2$ 당 입사되는 일사량 (Kwh/ $m^2\text{day}$ )

$\tau_s$  :  $\phi_{sdg}$  와 동일

$Sf$  : 축열벽의 차폐율

다) Sunspace에 入射되는 日射量 ( $E_s$ )

$$E_s = E \times Sf \times A \times m \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $E$  : 온실외부유리  $1 m^2$ 당 입사되는 일사량 (Kwh/ $m^2\text{ day}$ )

$Sf$  : 유리의 차폐계수

$A$  : Sunspace 유리의 전체면적 ( $m^2$ )

$m$  : 온실 외부유리창의 순면적비율

라) Sunspace 의 완충효과 ( $\phi_{sb}$ ) 와 환기예열 ( $\phi_{sa}$ ) 를 통한  
획득

1. 먼저 Sunspace에 저장된 에너지  $F_s$  를 계산한다.

$$F_s = (a_1 \times E_s) - (a_2 \times \phi_{sdg}) - \phi_{smw} \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $a_1$  과  $a_2$  는 太陽熱이 온실의 복잡한 양상과 온실의 지면을 통해 損失되는 것을 고려한 두 係數이고  $\phi_{sdg}$ ,  $\phi_{smw}$ ,  $Es$ 는 제각기  $Bs1$ ,  $Bs2$ ,  $Bs3$ 에서 나타내고 있다.

2. 일단  $Fs$  가 계산되었으면 다음과 같이 두가지 형태의 月平均氣溫을 구할 수 있다.

가. 太陽熱 獲得을 考慮하지 않은 Sunspace 의 月平均氣溫 ( $tsng$ )

$$tsng = \{(Tb \times Lbm) + (Tt \times Lhm)\} / (Lhm + Lbm) \quad (\text{°C})$$

여기서  $To$  : 월 평균 외기온 (°C)

$Tt$  : 실내기준온도 (°C)

$Lhm$  : 실내에서 온실까지의 열손실 평균값

$Lbm$  : 온실에서 외기까지의 열손실 평균값

나. 太陽熱 獲得을 考慮한 Sunspace 의 月平均氣溫 ( $ts$ )

$$ts = tsng + \{Fs / (0.024 \times (Lhm + Lbm))\} \quad (\text{°C})$$

3. 그 다음에 Sunspace 의 온충효과 ( $\phi_{sb}$ ) 와 환기예열 ( $\phi_{sa}$ ) 를 통한 획득은 다음과 같이 간단히 계산된다.

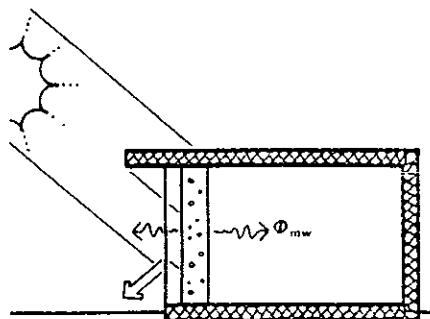
$$\text{즉, } \phi_{sb} = (1 - Clb) \times Fs \quad (\text{Kwh/day})$$

$$\phi_{sa} = Rb \times Fs / Lhm \quad (\text{Kwh/day})$$

여기서  $Clb$  : 외충공간의 열손실 절감율

### 3) 蓄熱壁을 통한 獲得 (Solar Mass Wall, $\phi_{mw}$ )

蓄熱壁方式은 Trombe Wall 方式에서 上・下部에 vent가 없는 시스템으로 蓄熱壁을 통한 太陽熱 獲得은 다음과 같다 (그림 4.5).



(그림 4.5) 蓄熱壁을 통한 獲得 ( $\phi_{mw}$ )

$$\phi_{mw} = F \times U \times Rext \text{ (Kwh/day)}$$

여기서  $F$  : 축열벽에 흡수된 일사량으로 다음과 같이 구한다.

$$\text{이때 } F = E \times A \times Sf \times m \times \alpha \text{ (Kwh/day)}$$

$E$  : 집열창  $1 m^2$ 당 일사되는 일사량

$A$  : 축열벽의 면적

$Sf$  : 축열벽의 차폐율

$m$  : 축열벽에 대한 집열창의 면적비

$\alpha$  : 축열벽의 흡수율

$U$  : 축열벽과 집열창을 포함한 벽체의  $U$  값

$Rext$  : 축열벽과 집열창 사이의 공기층에서 외기까지의 열저항으로 다음과 같이 구한다.

$$Rext = 0.06 + Rg + Ra \text{ (m°C / W)}$$

$R_g$  : 유리창의 열저항 ( 단창일 때 = 0 , 이중창일 때 = 0.11) ( $m^2\text{C} / \text{W}$ )

$R_a$  : 공기층의 열저항 (선택흡수막이 있을 때 = 0.40 , 선택흡수막이 없을 때 = 0.16) ( $m^2\text{C} / \text{W}$ )

만일, 夜間斷熱構造가 使用된다면 다음 式을 利用하여 구할 수 있다.

$$\phi_{mw\cdot night\ insulation} = F \times \{(0.7 \times Ud \times red) + (0.3 \times Un \times ren)\}$$

여기서  $Ud$  와  $Un$  은 축열벽과 집열창의 주야간의  $U$  값을 포함한 것이고,  $red$  와  $ren$  은 공기층에서 외기까지의 주야간 열저항의 합을 나타낸 것으로  $Un$  과  $ren$  은 야간단열구조의 열저항을 고려한 것이다.

$$\text{즉}, 1/Un = 1/Ud + rni$$

$$ren = red + rni$$

$$rni : 야간단열구조의 열저항 ( $m^2\text{C} / \text{W}$ )$$

한편, 『Method 5000 Program』에서는 이 밖에도 Trombe Wall 方式 (Btw), 개방형 공기집열기 (Open Loop Air Collector, Bac) 方式, 개방형 축열벽 方式 (Open Loop Solar Wall, Bsw) 등의 自然型 太陽熱시스템에 의한 日射熱 獲得도 計算할 수 있다.

이와같이 구한 일반 유리창 및 自然型 太陽熱시스템을 通한 日射熱 獲得의 合計를 計算하면 다음과 같다.

$$\text{즉, } \Sigma\phi_{\text{solar}} = \phi_{\text{dg}} + \phi_{\text{s}} + \phi_{\text{mw}} + \phi_{\text{tw}} + \phi_{\text{ac}} + \phi_{\text{sw}}$$

물론 위의 값중 어떤 것은 0 (zero)이 될 수 있다.

다. 日射와 内部熱 發生을 考慮한 有効獲得量 및 補助暖房負荷  
計算

먼저, 매일 暖房空間에서 發生되는 에너지의 양은 다음과 같다.

$$\Sigma\phi = \phi_i + \Sigma\phi_{\text{solar}} (\text{Kwh/day})$$

여기서  $\phi_i$  : 가주자의 활동에 따른 내부열 발생의 일평균값

그 다음에 각 벽 또는 간막이벽에 대해 난방공간 바닥의 단위면적당 有効蓄熱重量 (Thermal Mass, I-value( $\text{kg}/\text{m}^2$ ))을 計算한다.

즉, 斷熱層이 없을 때에 벽이나 바닥 전체重量의  $1/2$  을 고려하고 대부분의 경우에 단위면적당 有効重量은  $150 \text{ kg}/\text{m}^2$  을 넘지 않는다.

따라서 日射와 内部熱 發生을 考慮한 有効獲得量은 다음 式으로 구할 수 있다.

$$\Sigma Q = \eta \times \Sigma\phi \times N (\text{Kwh/month})$$

여기서  $\eta$  : 유효율 (utilization factor)로 건물의 유효축열 중량 (I-value)에 따른 함수로 구한다.

N : 月別日數

이때, 보조난방부하의 값은 단순히 손실만을 고려한 暖房負荷의 값과 有効獲得量과의 차이로 구할 수 있다.

즉,  $Q_{aux} = Q_{ng} - \Sigma Q (\text{kwh/month})$

年間 補助暖房負荷  $Q_{aux \cdot tot}$  는 月間暖房負荷의 합으로 구할 수 있으며 建物間의 補助暖房負荷量을 比較하는데 사용하는 B 값은 다음式으로 구한다.

$$B = (Q_{aux \cdot tot} \times G) / Q_{ng \cdot tot} (\text{W} / \text{m}^2 \text{C})$$

여기서 G : 연간 난방부하계수

$Q_{ng \cdot tot}$ : 손실만을 고려한 연간난방부하

또한 『Metnod 5000』방식은 月別 室內平均氣溫을 算出하고, 이를 기준으로 하여 室內溫度가 일정한 값 이상으로 오르는 過熱期間을 산출함으로써 室內快適環境을 유지할 수 있는 시스템의 적정설계를 가능하게 한다. 다음의 公式은 月平均 室內氣溫을 豫測하는데 使用된다.

$$T_i = T_{nh} + (Q_{aux} / (LL \times N)) (\text{C})$$

여기서  $T_{nh}$  : 난방없이 유지되는 실내온도로써 다음 식으로 구한다.

$$T_{nh} = T_o + \Sigma \phi / LL (\text{C})$$

$Q_{aux}$  : 월간 보조난방부하 ( $\text{kwh/month}$ )

LL :  $1\text{C}$ 온도차에 따른 1일 열손실량 ( $\text{kwh/day}$ )

N : 月別日數

$T_t$  : 실내기준온도 (Thermostat temperature) ( $\text{C}$ )

$T_o$  : 평균외기온도 ( $\text{C}$ )

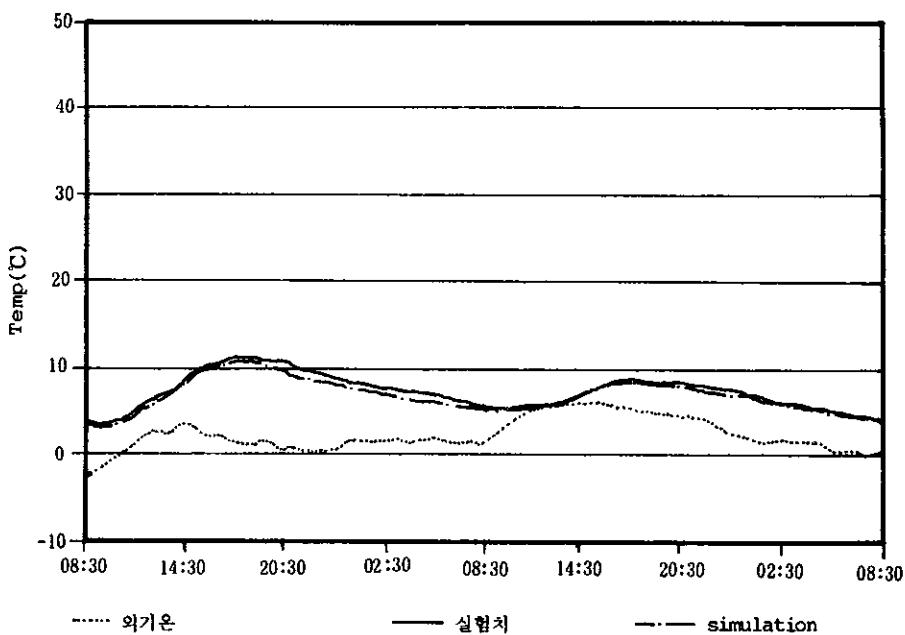
#### 4.2 热性能 Simulation 結果

『TTC』 Program에 의한 Simulation에서는 Sliding Shutter와 Roll Shade 두가지 夜間斷熱構造 中에서 편의상 Roll Shade의 斷熱構造만을 가지고 热性能을 Simulation하였다. 먼저 Roll Shade의 設置에 따른 스케일 모델의 热性能 實驗과 『TTC』 Program에 의한 热性能 Simulation을 比較分析 하였더니 (그림 4.6) 과 같았다.

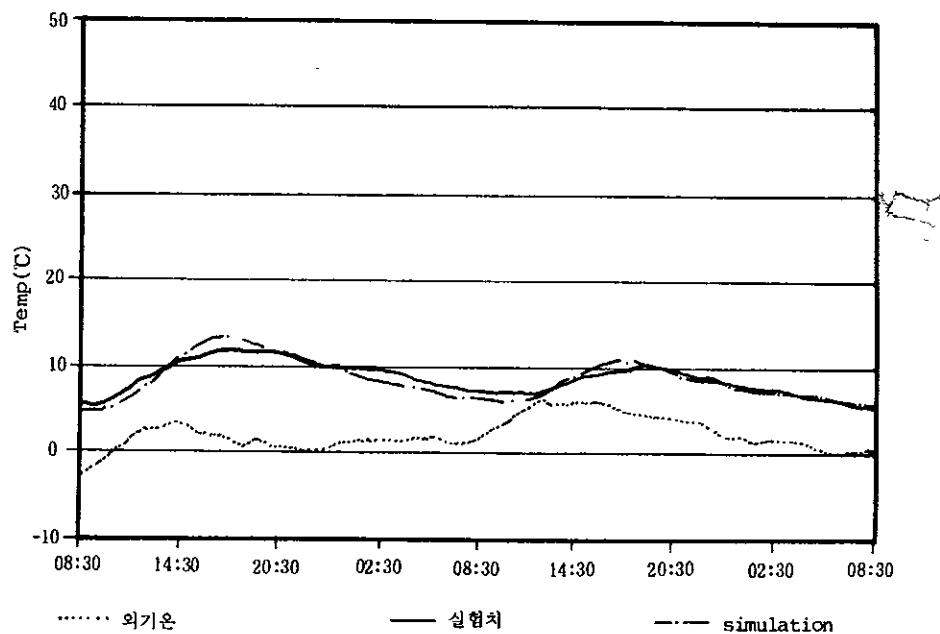
(그림 4.6)을 살펴 보면 實驗結果와 Simulation 結果의 室內 溫度分布에 대한 誤差가 最大  $1.5^{\circ}\text{C}$  미만으로 매우 類似하게 나타났는데 이러한 誤差는 스케일 모델의 물성치를 入力할 때와 테이터를 收集하는 A/D Converter의 誤差範圍를 감안한다면 『TTC』 Program이 벽체의 热性能과 夜間斷熱 効果를 評價하는데 효과적이라고 판단할 수 있다.

따라서 『TTC』 Program을 利用하여 夜間斷熱構造인 Roll Shade를 설치했을 때의 3일간 Simulation 結果는 다음과 같다 (그림4.7).

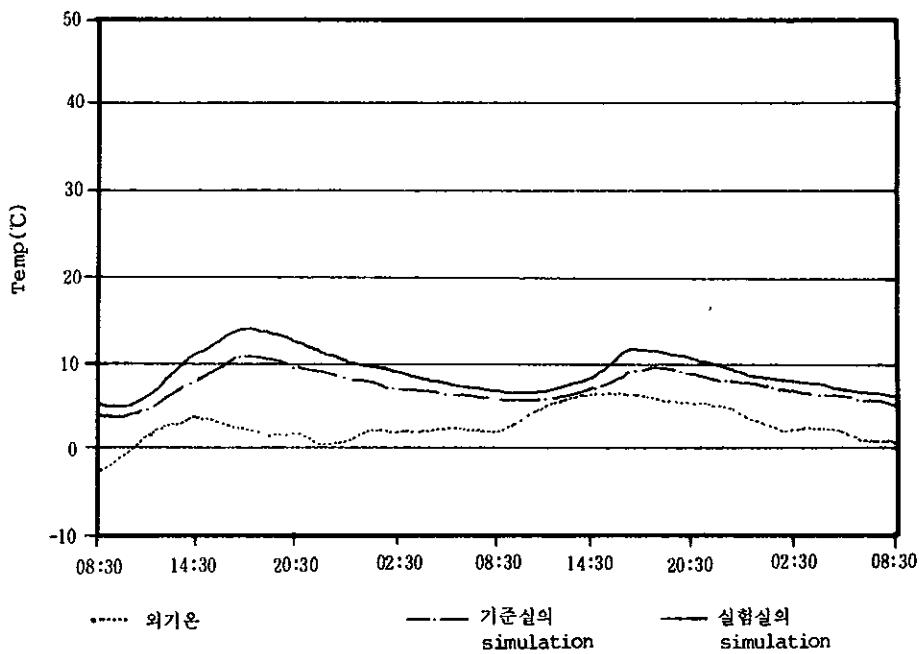
### NO INSULATION



### Roll Shade



(그림 4.6) Roll Shade의 設置에 따른 스케일 모델의 實驗結果와  
『TTC』 Program에 의한 Simulation 結果



(그림 4.7) Roll Shade를 設置했을 때의 『TTC』

#### Simulation 結果

즉 Roll Shade를 設置했을 때의 『TTC』 Simulation 結果, 實驗室의 氣溫이 基準室에 比해  $1.5^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$  정도의 지속적인 温度上昇 效果를 보였다. 이것은 Roll Shade를 設置한 後에 热抵抗이增加하여 蓄熱과 Time Lag의 增加에 밀접한 影響이 있는 『TTC』의 값이 커졌기 때문이다.

『Method 5000』 Program에 의한 負荷計算 Simulation에서는 室內 温度變化와는 別個로 단지 夜間斷熱構造를 設置했을 때의 補助暖房量의 감소로 인한 에너지 節減效果를 살펴보았다. 즉 Simulation結果 Roll Shade 형식의 夜間斷熱構造를 침열창 内部에 設置할 경

우 22.7 %의 에너지 節約效果를 얻을 수 있게 되었고, Sliding Shutter 의 外部斷熱構造는 30.7 %의 에너지 節約效果를 나타내었다 <표 4.1>.

<표 4.1> 『Method 5000』에 의한 Simulation 結果

( 단위 : Kwh )

시스템	야 긴 난 열	일사를 고려하지 않은 난방부하 (Qng)	유효회득량 ( $\Sigma Q$ )	연간보조난방부하 (Qng- $\Sigma Q$ )	에너지절감 효과
죽열벽	NO INSULATION	523	272	251	-
	Roll Shade	468	274	194	22.7 %
방식	Sliding Shutter	449	275	174	30.7 %

以上의 Simulation 結果를 綜合하면 다음과 같다.

1. 『TTC』 Program에 의한 Simulation 結果에서는 夜間斷熱構造의 有無에 따른 室內 溫度變化는 實驗値과 Simulation 值이 거의 일치하는 것으로 나타났다.

2. 『Method 5000』 Program에 의한 負荷計算 Simulation 結果에서는 Roll Shade 형식의 夜間斷熱構造를 窓外部에 設置할 경우 22.7 %의 에너지 節約效果를 얻을 수 있게 되고 Sliding Shutter 의 외부斷熱構造는 30.7 %의 에너지 節約效果를 얻게 되었다.

## 5. 結論

### 5.1 研究結果의 要約

本研究에서의 自然型 太陽熱시스템의 蓄熱壁方式에서 夜間斷熱構造의 設置에 따른 热性能을 分析하기 위하여 스케일 모델을 利用한 热性能 實驗과 Computer Program을 利用한 Simulation을 實施하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 蓄熱壁方式에서 外部斷熱構造로 使用된 Sliding Shutter는 室內溫度를 夜間에 모두 일정하게 약  $3.0^{\circ}\text{C}$  上昇시킴으로써 시스템의 热性能 向上效果가 우수한 것으로 나타났다.

2. 蓄熱壁方式에서 Roll Shade를 内部斷熱構造로 사용하였을 때 實驗室의 室內 平均氣溫은 基準室에 比해 약  $1.8^{\circ}\text{C}$  정도 上昇하고 室內 溫度變化幅도 平均 약  $1.1^{\circ}\text{C}$ 로 減少하므로 시스템의 热性能이 向上하였다.

3. 『TTC』Program에 의한 Simulation結果, 夜間斷熱構造의 有無에 따른 室內 溫度變化는 實驗値과 Simulation값이 거의 일치하는 것으로 나타나 夜間斷熱構造를 利用한 自然型 太陽熱시스템의 室內 溫度分布는 Computer Simulation으로 정확히 分析할 수 있다.

4. 『Method 5000』Program에 의한 煙房負荷計算 結果, 外部斷熱構造인 Sliding Shutter가 30.7%, 内部斷熱構造인 Roll Shade가 22.7%의 에너지 節約效果를 나타내었다.

以上의 热性能 實驗結果와 Simulation 結果를 綜合하면 蓄熱壁方式에서 夜間斷熱構造는 室內 平均氣溫의 上昇과 함께 室內 溫度變化 幅도 줄일수 있어 자연형 태양열시스템의 热性能을 크게 向上시키므로 우리나라와 같은 기후조건에서는 필수적으로 설치해야 한다.

## 5.2 研究의 制約條件 및 앞으로의 研究方向

本 研究結果에서 Sliding Shutter는 热性能이 우수하게 評價되었지만 斷熱材 자체의 무게로 인하여 作動과 保管상에 어려움이 많았고 Roll Shade 와의 斷熱材 두께의 比率(10 : 1)만을 가지고 比較한다면 사실상 Roll Shade에 의한 斷熱效果가 더 크다고 할 수 있겠다.

따라서 蓄熱壁方式에서 접열창 外部에 夜間斷熱構造를 設置할 경우에는 이와같은 점을 충분히考慮하여 보다 經濟的이고 效果的인 夜間斷熱構造의 提示가 이루어져야 하겠다. 또한 本 研究가 蓄熱壁에 통기구(vent) 없이遂行된 점을 감안한다면 통기구(vent)의 有無에 따른 热性能과 그 외에도 축열체의 종류, 두께 및 集熱空氣層의 두께, 蓄熱壁外表面의 選擇吸收膜 등에 따른 Time Lag 과 진폭감쇄율(Decrement Factor)의 热的特性을 정확히 分析하여 自然型 太陽熱시스템의 效果的인 普及擴大가 이루어져야 할 것이다.

## 參 考 文 獻

- 1) 건설부, 에너지 절약주택의 설계 및 시공, 1985.
- 2) 김동환, 자연형 태양열 트롬월 방식에서의 야간단열에 관한 실험적 연구, 중앙대 석사 논문, 1988. 6.
- 3) 박상동외, 건축물의 단열시공 가이드북, 대한건축사, 1983.
- 4) 안태경, 자연형 태양열 직접획득방식에서 야간단열구조의 개발 및 열성능에 대한 연구, 중앙대 석사 논문, 1988. 6.
- 5) 오정무외, 자연형 태양열시스템 개발(III)연구보고서, 한국 동력자원연구소, 1984.
- 6) 이경희, 자연형 태양열건축 설계방법, 연세대, 1986.
- 7) 이경희, 건축환경계획, 기문당, 1988.
- 8) 이관호, 자연형 태양열시스템의 열성능 분석을 위한 열류 해석 방법에 관한 고찰, 중앙대 석사 논문, 1988.12.
- 9) 이명호, 태양열시스템 설계, 중앙대 건설대학원, 1984.
- 10) 이명호, 자연형 태양열주택의 기본개념과 전망, 월간현대건축, 1984.
- 11) 이명호, TTC법을 이용한 축열체의 설계방법에 관한 연구, 한국 태양에너지학회 학술발표 논문집, 1989.5.
- 12) 이연구, 자연형 태양열시스템의 트롬월방식, 중앙대 공대 학보 제 20 호, 1984.
- 13) 이연구, 김광우 공역, 건축환경과학, 태림문화사, 1988.
- 14) 이종호외, 에너지 절약형 단열커텐재 개발에 관한 연구, 한국

동력자원연구소, 1987.

- 15) 최병혁외, 단열구조의 재료선정 및 평가방법에 관한 연구, 한국 동력자원연구소, 1985.
- 16) 하치윤, 축열효과를 고려한 냉방부하 계산에 관한 연구, 중앙 대석사 논문, 1987.12.
- 17) 한국과학재단, '86 목적기초연구 ; 자연형 태양열시스템을 이용한 건물에너지 절약기술에 관한 기초연구(1, 2차 및 최종보고서), 1987 ~ 1989.
- 18) 한국동력자원 연구소, 자연형 태양열시스템 개발, 1981.
- 19) 한국동력자원 연구소, 자연형 태양열시스템 개발 연구보고서, 1982.
- 20) ACHARD, P & R. GICQUEL, EUROPEAN PASSIVE SOLAR HANDBOOK, EC, 1986.
- 21) American Solar Energy Society, Proceeding of the 2nd Passive Solar Conference, DOE, 1978.
- 22) ASHREA, Fundamentals Handbook, 1976.
- 23) ASHREA, Fundamentals Handbook, 1985.
- 24) Balcomb, J. Douglass, Passive Solar Design Handbook Vol. I, II, III, 1980-1983.
- 25) Duffie, John. A, Solar Engineering of Thermal Process, A. Wiley Interscience Publication, 1980.

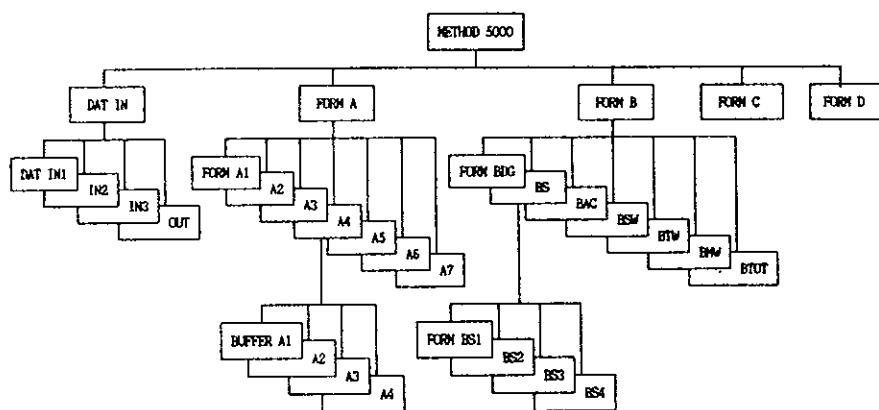
- 26) Givoni, B, Man, Climate & Architecture, Applied Science Publishers Ltd., 1976.
- 27) Langdon, William, Movable Insulation for Near-Arctic Climate, Solar Age, 1981. 4.
- 28) Langdon, William, Movable Insulation, Rodale Press, 1980.
- 29) Mazria, Edward, Passive Solar Energy Book, Rodale Press, 1979.
- 30) MID-Atlantic Solar Energy Association, Proceeding of Solar Glazing/ 1979 Topical Conference, 1979.
- 31) MUNCEY, R.W.r, Heat Transfer Calculation for Buildings, Applied Science Publishers LTD, 1979.
- 32) Niles, Philip. W.B & Kenneth L. Haggard, Passive Solar Handbook, California Energy Commission, 1980.

# 附 錄

# I. Simulation Program List

## 1.1 Method 5000

### 1). System Flow chart



### 2). Configuration Files

#### 1) Disk #1 (System File 1/4)

5000 .BAT	METHOD 5000 실행 배치화일
METHOD .EXE	METHOD 5000 실행화일
HGC .EXE	Herculace Graphic Card INSTALL
THP .COM	THP 그래픽 한글

#### 2) Disk #2 (Source File 2/4)

METHOD .PAS	METHOD 5000 메인 프로그램
GETCHAR .PAS	문자입력 Procedure
GETREAL .PAS	숫자입력 Procedure
GETUTIL .PAS	Utility Procedure
VARBOX .PAS	변수, 레코드, 파일 Procedure
DATIN .PAS	초기데이터 입력 서브 프로그램
DATINI1 .PAS	작업화일 계산사항 입력
DATIN2 .PAS	평균일수, 평균온도, 일조사간 입력
DATIN3 .PAS	일사량 입력
DATOUT .PAS	일사량 출력

3) Disk #3 (Source File 3/4)

FORMA .PAS	태양열과 내부열 획득을 고려하지 않은 난방부하 계산
FORMAT .PAS	외벽과 지붕을 통한 열손실
FORMA2 .PAS	유리창을 통한 열손실
FORMA3 .PAS	바다술라브와 열교부위를 통한 열손실
FORMA4 .PAS	전총공간을 통한 열손실
BUFFERA1.PAS	외벽과 지붕을 통한 열손실
BUFFERA2.PAS	유리창을 통한 열손실
BUFFERA3.PAS	바다술라브와 열교부위를 통한 열손실
BUFFERA4.PAS	온실효과와 환기예열을 통한 획득
FORMA5 .PAS	봄새바람에 의한 열손실
FORMA6 .PAS	열손실의 합계
FORMA7 .PAS	월간 난방부하

4) Disk #4 (Source File 4/4)

FORMB .PAS	다양한 자연형 태양열시스템에 의하여 취득한 일사량의 계산
FORMBG .PAS	직접획득방식에 의한 태양열 획득
FORMBS .PAS	Sunspace를 통한 태양열 획득
FORMBS1 .PAS	온실과 실내사이의 창문을 통한 태양열 획득
FORMBS2 .PAS	온실과 실내사이의 측열벽을 통한 태양열 획득
FORMBS3 .PAS	Sunspace에 들어오는 태양에너지
FORMTS4 .PAS	온실효과와 환기예열을 통한 태양열 획득
FORMBAC .PAS	Open loop air collector를 통한 태양열 획득
FORMBSW .PAS	Open loop solar wall을 통한 태양열 획득
FORMBTW .PAS	Trombe wall을 통한 태양열 획득
FORMBMW .PAS	측열벽을 통한 태양열 획득
FORMBTOT .PAS	모든 태양열 획득에 대한 총계(출색)
FORMC .PAS	유용한 태양열과 내부열획득 및 보조난방부하 계산
FORMD .PAS	자연형 태양열시스템에서 실내평균온도(폐저조건)계산

다. METHOD 5000 변수 사전

라. METHOD 5000 File & Record 양식

화일명	레코드명	변수명	형태	비고
FileDat	RecDat	MainFileName ProjectName AreaName YY MM DD FromTo	string[8] string[45] string[8] real real real string[45]	작업화일명 프로젝트명 작업 지역명 년 월 일 소속
FileDat1	RecDat1	NumDat1[1..12] [2..1..12] [3..1..12] [4..1..12]	real	월별입수 DATE 월평균외기온 일조시간
FileDat2	RecDat2	OrientName NumDat2[1 2	string[8] real	방향 90 60

파일명	레코드명	변수명	형태	비고
		3 4, 1 2 3,1...12]		45 30 INC. S.G. D.G.
FileBSN	RecBSN	BufferSpaceName	string[8]	완충공간명
FileAI	RecAI	WallName NumAI[1] [2] [3] [4] [5] [6] Uday Unight HeatLossDay HeatLossNight	string[20] real real real real real real real real real real real real	벽체명 Rg Ra Raall Rs Ni Aw 주간U 야간U 주간열손실 야간열손실
FileA2	RecA2	WindowName NumA2[1] [2] [3] [4] [5] [6] Uday Unight HeatLossDay HeatLossNight	string[20] real real real real real real real real real real real real	유리명 Rg Ra Raall Rs Ni A 주간U 야간U 주간열손실 야간열손실
FileA3	RecA3	SlabName NumA3[1] [2] HeatLoss	string[20] real real real	슬라브명 K Length 열손실
FileA4	RecA4	BufferName	string[20]	완충공간명
FileBA1	RecBA1	WallName NumBA1[1] [2] [3] [4] [5] [6] Uday Unight HeatLossDay HeatLossNight	string[20] real real real real real real real real real real real real	벽체명 Rg Ra Raall Rs Ni Aw 주간U 야간U 주간열손실 야간열손실

파일명	레코드명	변수명	형 태	비 고
FileBA2	RecBA2	WindowName NumBA2[1] [2] [3] [4] [5] [6] Uday Unight HeatLossDay HeatLossNight	string[20] real real real real real real real real real real real	유리명 Rg Ra Raall Rs Ni A 주간U 야간U 주간영손실 야간영손실
FileBA3	RecBA3	SlabName NumBA3[1] [2] HeatLoss	string[20] real real real	슬하브명 K Length 영손실
FileBA4	RecBA4	QName q Lbd Lbn Lbs Lhd Lhn Lhs Clb DayHeatLoss NightHeatLoss	string[20] real real real real real real real real real real	
FileA5	RecA5	NumA5[1] [2] [3] [4] [5] [6] YesNo1 YesNo2[1..5] Buff[1..5,1..2] YesNo3 HeatLoss Re[1..5] Rb[1..5] Rsw ReTot RbTot NetHeatLoss	real real real real real real char char real char real real real real real real real real real real real real real real	qt qe Be qsw Esw 외부 Re  환총공간 Re Rb Rsw Re Total Rb Total 순영손실
FileA6	RecA6	DayHeatLoss NightHeatLoss	real real	주간영손실 야간영손실

파일명	레코드명	변수명	형 태	비 고
FileA7	RecA7	NumA7[1] [2] DDw[1..12] DDa LL [1..12] Qng[1..12] G	real real real real real real real	Tt Vh
FileBdg	RecBdg	WindowName NumBdg.Bdg[1] Bdg[2] Bdg[3] Bdg[4] Bdg[5] Bdg[6] OrientName Sf[1..12] Pldg[1..12]	string[20] real real real real real real string[8] real real	유리명 A ■ Cc Cf Tilt Sdg Orient
FileBs1	RecBs1	WindowName NumBs1.Bs1[1] Bs1[2] Bs1[3] Bs1[4] Bs1[5] Bs1[6] OrientName Sf[1..12] Plsdg[1..12]	string[20] real real real real real real string[8] real real	유리명 T ■ A ■ Tilt Sdg Orient
FileBs2	RecBs2	WindowName NumBs2.Bs2[1] Bs2[2] Bs2[3] Bs2[4] Bs2[5] Bs2[6] OrientName Sf[1..12] Plsmw[1..12]	string[20] real real real real real real string[8] real real	벽체명 T ■ U a A Tilt Orient
FileBs3	RecBs3	WindowName NumBs3.Bs3[1] Bs3[2] Bs3[3] Bs3[4] OrientName Sf[1..12] Bs[1..12]	string[20] real real real real real string[8] real real	유리명 A ■ Tilt Sdg Orient



화일명	레코드명	변수명	형 태	비 고
FileBmw	RecBmw	WallName A1WallName A2WindowName NumBmw, Bmw[1] Bmw[2] Bmw[3] Bmw[4] Bmw[5] Bmw[6] Bmw[7] Bmw[8] OrientName Sf[1..12] YesNo1 PImw[1..12]	string[20] string[20] string[20] real real real real real real real real real string[8] real char real	벽체명 A1의 벽체명 A2의 유리명 A ■ a Tilt Sdg rg ra rni Orient
FileBtot	RecBtot	PIsolar[1..13]	real	
FileC	RecC	NumC[1] [2] E[1..12] Tnh[1..12] Qaux[1..13]	real real real real real	Tt I-category Tnh Qaux

#### 파. METHOD 5000 실행시 주의사항

- 1) CONFIG.SYS에서 FILES = 20 이상 이어야 한다.
- 2) 출력결과를 프린트할때는 반드시 컴퓨터가 프린트와 연결되어 있어야 한다.
- 3) 실행시 대마다 파일들은 현재의 디렉토리에 만든다.
- 4) 컴퓨터의 메모리는 512KB 이상 이어야 한다.
- 5) OS Shell 기능은 메뉴박스중에서만 실행이 가능하다.
- 6) OS Shell 기능을 마치고 METHOD 5000으로 되돌아올때는 'exit'나 'EXIT'를 명령을 내려야만 한다.
- 7) 모든 선택은 '1. 초기데이터 입력'중에서 작업화일이 선정되어야만 한다.

\*\*\*지면사정으로 Method 5000 Source File 중에서 실행 File과 본 연구에서 수행된 측정값에 관한 내용(즉 Form-Bmw)에 관한 내용만을 수록하였다.

```

{
}

METHOD 5000 (VI.0)
=====
Source Program File... *.PAS Execution File..... *.EXE
Document File..... *.DOC Batch File..... *.BAT
Unit File..... *.TPU Data File..... *.BSN, *.DAT, *.MON
                                         *.RAD, *.A?, *.B??, *.C

1989/10/27 Designed by Im Sam Bok and Park Jin Chul
          Compiled by Turbo PASCAL V5.0

}

{$M 4000,0,0}
program Method_5000;

uses
  Crt, Dos, GetChar, GetReal, VarBox, DatIn, FormA, FormB, FormC, FormD;

procedure InitializeData;

begin
  Head[1]      := '2. 태양열과 내부열 획득을 고려하지 않은 난방부하 계산(Qng)';
  FormATitle[1] := '1) 외벽과 지붕을 통한 열손실';
  FormATitle[2] := '2) 유리창을 통한 열손실';
  FormATitle[3] := '3) 바닥슬라브와열교부위를 통한 열손실';
  FormATitle[4] := '4) 원층공간을 통한 열손실';
  FormATitle[5] := '5) 름새바람에 의한 열손실';
  FormATitle[6] := '6) 열손실의 합계';
  FormATitle[7] := '7) 월간 난방부하';
  FormATitle[8] := '8) 작업 종료';
  FormBTitle[1] := '1) 직접획득방식에 의한 태양열 획득';
  FormBTitle[2] := '2) Sunspace를 통한 태양열 획득';
  FormBS1_6[1] := '1) 작업 원층공간명 입력';
  FormBS1_6[2] := '2) 온실과실내사이의 창을통한 획득';
  FormBS1_6[3] := '3) 온실과실내사이의 측열벽을통한 획득';
  FormBS1_6[4] := '4) Sunspace에 들어오는 일사량';
  FormBS1_6[5] := '5) 온실효과와환기에열을 통한 획득';
  FormBS1_6[6] := '6) 작업 종료';
  FormBTTitle[3] := '3) Open loop air collector를 통한 획득';
  FormBTTitle[4] := '4) Open loop solar wall을 통한 획득';
  FormBTTitle[5] := '5) Trombe Wall을 통한 태양열 획득';
  FormBTTitle[6] := '6) 측열벽을 통한 태양열 획득';
  FormBTTitle[7] := '7) 모든 태양열획득에 대한 총계(출력)';
  FormBTTitle[8] := '8) 작업 종료';
  Form1_4[1]    := '> 데이터 입력';
  Form1_4[2]    := '> 데이터 확인•수정';
  Form1_4[3]    := '> 계산결과 출력(프린트)';
  Form1_4[4]    := '> 작업종료';
  Head[2]      := '3. 자연형태양열시스템에 의하여 취득한 일사량의 계산';
  Head[3]      := '4. 유용한 태양열과 내부열획득 및 보조난방부하 계산';
  Head[4]      := '5. 자연형 태양열시스템에서 실내평균온도및 환경조건•계산';

end; { InitializeData }

```



```
procedure SelectJob;
var
  Done : boolean;

begin
  Done := False; MainFileName := '';
  HeadTitle;
  repeat
    DisplayJobMenu;
    repeat
      GotoXY(56,20); ch := ReadKey;
      until ch in ['1'..'6'];
      Write(ch);
    case ch of
      '1': DataInput;
      '2': FormAJob;
      '3': FormBJob;
      '4': FormCJob;
      '5': FormDJob;
      '6': Done := True;
    end
    until Done;
  ClrScr;
  Writeln(#7,'*** End of Job MBTBOD 5000 ***');
end;

{ Main Procedure. }

begin
  InitializeData;
  ScreenDesign;
  SelectJob;
end.
```

```

{unit FormBmw;
interface
uses
  Printer, Crt, GetReal, GetChar, VarBox, GetUti;
  procedure FormBmwJob;
implementation}

procedure FormBmwJob;
const
  z : array[1..8] of integer = (7,5,5,2,1,5,5,5);
  p : array[1..8] of integer = (2,2,2,0,0,2,2,2);
type
  DefaltBmw = array[1..8] of real;
  DefaltSf = array[1..12] of real;
var
  FormBmwJobEnd : boolean;
  DftBmw : DefaltBmw;
  DftSf : DefaltSf;
  F : array[1..12] of real;
  Tilt, fp2, fp3 : integer;
  TotU, TotUd, TotUm, Red, Ren, Rext : real;

procedure FormBmwJobMenu;
begin
  ClearJobBox;
  Inverse;
  GotoXY(13,7); Write('      << 축열벽을 통한 태양열 획득 >>      ');
  Normal;
  x := 19; y := 10;
  for i := 1 to 4 do begin
    GotoXY(x,y); Writeln(i:2,Form1_4[i]); Inc(y,2);
  end;
end; { Form Bmw Job Menu }

procedure DisplayFormBmw;
begin
  DftBmw[1] := 0.0; DftBmw[2] := 0.0; DftBmw[3] := 0.9; DftBmw[4] := 90.0;
  DftBmw[5] := 3.0; DftBmw[6] := 0.11; DftBmw[7] := 0.4; DftBmw[8] := 0.0;
  GotoXY(1,4); Write('  벽  세  ');
  GotoXY(48,5); Write('—');
  GotoXY(1,8); Write('Form AI의 벽체명.....| ');
  GotoXY(1,7); Write('우리의 방위.....| ');
  GotoXY(1,8); Write('벽체의 면적.....| ',DftBmw[1]:z[1]:p[1]);
  GotoXY(1,9); Write('mullion을 고려한 창의전체면적에 대한 유리면적비 | ',DftBmw[2]:z[2]:p[2]);
  GotoXY(1,10); Write('벽체의 흡수율.....| ',DftBmw[3]:z[3]:p[3]);
  GotoXY(1,11); Write('우리의 경사각.....| ',DftBmw[4]:z[4]:p[4]);
  GotoXY(1,12); Write('우리의 종류 1)INC. 2)S.G. 3)D.G.....| ',DftBmw[5]:z[5]:p[5]);
  GotoXY(1,13); Write('우리의 저항.....| ',DftBmw[6]:z[6]:p[6]);
  GotoXY(1,14); Write('Air Space의 저항.....| ',DftBmw[7]:z[7]:p[7]);
  GotoXY(1,15); Write('아간단열이 되었습니까 ? (y/n). | ');
  GotoXY(1,16); Write('아간단열재의 저항.....| ',DftBmw[8]:z[8]:p[8]);
  GotoXY(1,17); Write('창의 차폐율. | ');
  GotoXY(1,18); Write(' 1월  2월  3월  4월  5월  6월  7월  8월  9월  10월  11월  12월 ');
  GotoXY(1,19); Write('-----');

```

```

end; { Display Form Bmw }

procedure RecBmwCheck(var str : string; var result : integer);

begin
  result := 0;
  if FileSize(FileBmw) = 0 then Exit;
  for fp := 0 to (FileSize(FileBmw)-1) do begin
    Seek(FileBmw,fp);
    Read(FileBmw,RecBmw);
    if str = RecBmw.WallName then begin
      result := 1; Exit;
    end;
  end;
end; { Rec Bmw Check }

procedure RecDat2Check(var str : string; var result : integer);

begin
  result := 0;
  if FileSize(FileDat2) = 0 then Exit;
  for fp := 0 to (FileSize(FileDat2)-1) do begin
    Seek(FileDat2,fp);
    Read(FileDat2,RecDat2);
    if str = RecDat2.OrientName then begin
      result := 1; Exit;
    end;
  end;
end; { Rec Dat2 Check }

procedure RecA1Check(var str : string; var result : integer);

begin
  result := 0;
  if FileSize(FileA1) = 0 then Exit;
  for fp := 0 to (FileSize(FileA1)-1) do begin
    Seek(FileA1,fp);
    Read(FileA1,RecA1);
    if str = RecA1.WallName then begin
      result := 1; Exit;
    end;
  end;
end; { Rec A1 Check }

procedure FormBmwInput;

begin
  i := 1; x := 50; y := 8;
  repeat
    case i of
      4: repeat
        ReadReal(x,y,z[i],p[i],DftBmw[i],RecBmw.NumBmw[i],result);
        until Trunc(RecBmw.NumBmw[i]) in [90,60,45,30];
      5: repeat
        ReadReal(x,y,z[i],p[i],DftBmw[i],RecBmw.NumBmw[i],result);
        until Trunc(RecBmw.NumBmw[i]) in [1,2,3];

```

```

else
  ReadReal(x,y,z[i],p[i],DftBmw[i],RecBmw.NumBmw[i],result);
end;
GotoXY(x,y); Write(RecBmw.NumBmw[i]:z[i]:p[i]);
case result of
  1: if i <> 1 then begin
      Dec(i); Dec(y);
      GotoXY(x,WhereY-1);
    end;
  else
    Inc(i); Inc(y);
  end;
until i > 7;
repeat
  GotoXY(31,15); ch := ReadKey;
until ch in ['Y','y','N','n'];
Write(ch);
RecBmw.YesNo1 := UpCase(ch);
if RecBmw.YesNo1 = 'Y' then begin
  i := 8; x := 50; y := 18;
  ReadReal(x,y,z[i],p[i],DftBmw[i],RecBmw.NumBmw[i],result);
  GotoXY(x,y); Write(RecBmw.NumBmw[i]:z[i]:p[i]);
end
else RecBmw.NumBmw[8] := 0.0;
i := 1; x := 2; y := 20;
repeat
  ReadReal(x,y,5.2,DftSf[i],RecBmw.Sf[i],result);
  GotoXY(x,y); Write(RecBmw.Sf[i]:5:2);
  case result of
    2: if i <> 1 then begin
        Dec(i); Dec(x,6);
      end;
    0,3: begin
      Inc(i); Inc(x,6);
    end;
  end;
  until i > 12;
end; { Form Bmw Input }

procedure DisplayRecBmw(var FileBmw : FileBmwRec; var fp : integer);
begin
  Seek(FileBmw.fp);
  Read(FileBmw,RecBmw);
  GotoXY(19,4); Write(RecBmw.WallName);
  GotoXY(50,6); Write(RecBmw.A1WallName);
  GotoXY(50,7); Write(RecBmw.OrientName);
  x := 50; y := 7;
  for i := 1 to 7 do begin
    GotoXY(x,y+i); Write(RecBmw.NumBmw[i]:z[i]:p[i]);
    DftBmw[i] := RecBmw.NumBmw[i];
  end;
  GotoXY(31,15); Write(RecBmw.YesNo1);
  GotoXY(50,16); Write(RecBmw.NumBmw[8]:z[8]:p[8]);
  x := 2; y := 20;
  for i := 1 to 12 do begin

```

```

        GotoXY(x,y); Write(RecBmw.Sf[i]:5:2);
        Inc(x,6);
        DftSf[i] := RecBmw.Sf[i];
    end;
end; { Display Rec Bmw }

procedure FormBmwJobDataInput;

procedure InputFormBmw;
begin
    Inverse;
    GotoXY(69,4); Write(' 입력중 ');
    Normal;
    DftBmw[1] := 0.0; DftBmw[2] := 0.0; DftBmw[3] := 0.9; DftBmw[4] := 90.0;
    DftBmw[5] := 3.0; DftBmw[6] := 0.11; DftBmw[7] := 0.4; DftBmw[8] := 0.0;
    for i := 1 to 12 do DftSf[i] := 0.0;
    fp := 0; Seek(FileA5,fp); Read(FileA5,RecA5);
    DisplayFormBmw;
    fp3 := FileSize(FileBmw);
    ReadChar(19,4,20,str,result);
    while (result <> 1) do begin
        RecBmwCheck(str,result);
        if result = 1 then ErrMsg3
        else begin
            RecBmw.WallName := str;
            ReadChar(50,6,20,str,result);
            while (result <> 1) do begin
                RecA1Check(str,result);
                if result <> 1 then begin
                    ErrMsg4;
                    ReadChar(50,6,20,str,result);
                end
                else begin
                    RecBmw.A1WallName := str;
                    ReadChar(50,7,8,str,result);
                    while (result <> 1) do begin
                        RecDat2Check(str,result);
                        if result <> 1 then begin
                            ErrMsg4;
                            ReadChar(50,7,8,str,result);
                        end
                        else begin
                            RecBmw.OrientName := str;
                            fp := FileSize(FileBmw);
                            FormBmwInput;
                            repeat
                                GotoXY(32,24); Write('기록하시겠습니까 ? (y/n) ');
                                ch := ReadKey;
                                until ch in ['Y','y','N','n'];
                                Write(ch);
                                if ch in ['Y','y'] then begin
                                    case Trunc(RecBmw.NumBmw[4]) of
                                        90: Tilt := 1;
                                        60: Tilt := 2;
                                        45: Tilt := 3;

```

```

      30: Tilt := 4;
    end;
    TotU := RecA1.Uday;
    TotUd := RecA1.Uday;
    TotUn := RecA1.Unight;
    Red := 0.06+RecBmw.NumBmw[6]+RecBmw.NumBmw[7];
    Rext := Red;
    Ren := 0.06+RecBmw.NumBmw[6]+RecBmw.NumBmw[7]+RecBmw.NumBmw[8];
    for i := 1 to 12 do begin
      F[i] := RecDat2.NumDat2[Tilt,Trunc(RecBmw.NumBmw[5]),i]*RecBmw.Sf[i]*
      RecBmw.NumBmw[1]*RecBmw.NumBmw[2]*RecBmw.NumBmw[3];
      if RecBmw.YesNo1 = 'Y' then
        RecBmw.PIbw[i] := F[i]*((0.7*TotUd*Red)+(0.3*TotUn*Ren))
      else
        RecBmw.PIbw[i] := F[i]*TotU*Rext
    end;
    Seek(FileBmw,fp3); Write(FileBmw,RecBmw);
    Inc(fp3);
  end;
  GotoXY(32,24); Write(' :47');
  result := 1;
end;
end;
end;
end;
ReadChar(19,4,20,str,result);
end;
Close(FileBmw); Close(FileA1);
Close(FileDat2); Close(FileA5);
GotoXY(69,4); Write(' :8');
end; { Input Form Bmw }

begin
  Assign(FileDat2,RecDat.DataName+'.Rad');
  {$I-} Reset(FileDat2); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileA1,MainFileName+'.A1');
  {$I-} Reset(FileA1); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    Close(FileDat2); ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileA5,MainFileName+'.A5');
  {$I-} Reset(FileA5); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    Close(FileDat2); Close(FileA1);
    ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileBmw,MainFileName+'.Bmw');
  {$I-} Reset(FileBmw); {$I+}
  if IOResult <> 0 then Rewrite(FileBmw);
  ClearWindow;
  InputFormBmw;
end; { Form Bmw Job Data Input }

```

```

procedure FormBmwJobLoad;
procedure UpdateFormBmwRec;
begin
  for i := 1 to 9 do DftBmw[i] := RecBmw.NumBmw[i];
  for i := 1 to 12 do DftSf[i] := RecBmw.Sf[i];
  FormBmwInput;
repeat
  GotoXY(32,24); Write('가로하시겠습니까 ? (y/n) ');
  ch := ReadKey;
until ch in ['Y','y','N','n'];
Write(ch);
if ch in ['Y','y'] then begin
  for i := 1 to 12 do begin
    case Trunc(RecBmw.NumBmw[4]) of
      90: Tilt := 1;
      60: Tilt := 2;
      45: Tilt := 3;
      30: Tilt := 4;
    end;
    TotU := RecA1.Uday;
    TotUd := RecA1.Uday;
    TotUn := RecA1.Unight;
    Red := 0.08+RecBmw.NumBmw[6]+RecBmw.NumBmw[7];
    Rext := Red;
    Ren := 0.06+RecBmw.NumBmw[6]+RecBmw.NumBmw[7]+RecBmw.NumBmw[8];
    F[i] := RecDat2.NumDat2[Tilt,Trunc(RecBmw.NumBmw[5]),i]*RecBmw.Sf[i]*
      RecBmw.NumBmw[1]*RecBmw.NumBmw[2]*RecBmw.NumBmw[3];
    if RecBmw.YesNo1 = 'Y' then
      RecBmw.PImw[i] := F[i]*((0.7*TotUd*Red)+(0.3*TotUn*Ren))
    else
      RecBmw.PImw[i] := F[i]*TotU*Rext;
    end;
    Seek(FileBmw,fp3); Write(FileBmw,RecBmw);
  end;
  GotoXY(32,24); Write(' :47');
end; { Update Form Bmw Rec }

procedure UpdateFormBmw;
begin
  Inverse;
  GotoXY(69,4); Write(' 수정중 ');
  Normal;
  ReadChar(19,4,20,str,result);
  while (result <> 1) do begin
    RecBmwCheck(str,result);
    fp3 := fp;
    if result = 0 then ErrMsg4
    else begin
      RecBmw.WallName := str;
      DisplayRecBmw(FileBmw,fp);
      repeat
        GotoXY(32,24); Write('수정 하시겠습니까 ? (y/n) ');

```

```

    ch := ReadKey;
    until ch in ['Y','y','N','n'];
    if ch in ['Y','y'] then begin
      ReadChar(50,8,20,str,result);
      while (result <> 1) do begin
        RecA1Check(str,result);
        if result <> 1 then begin
          ErrMsg4;
          ReadChar(50,8,20,str,result);
        end
        else begin
          ReadChar(50,7,8,str,result);
          while (result <> 1) do begin
            RecDat2Check(str,result);
            if result <> 1 then begin
              ErrMsg4;
              ReadChar(50,7,8,str,result);
            end
            else begin
              RecBmw.OrientName := str;
              UpdateFormBmwRec;
              result := 1;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
    GotoXY(32,24); Write(' :47');
  end;
  ReadChar(19,4,20,str,result);
end;
Close(FileBmw); Close(FileA1);
Close(FileDat2); Close(FileA5);
GotoXY(69,4); Write(' :8');
end; { Update Form Bmw }

begin
  Assign(FileDat2,RecDat.DataName+'.Rad');
  {$I-} Reset(FileDat2); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileA1,MainFileName+'.A1');
  {$I-} Reset(FileA1); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    Close(FileDat2); ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileA5,MainFileName+'.A5');
  {$I-} Reset(FileA5); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    Close(FileDat2); Close(FileA1);
    ErrMsg2; Exit;
  end;
  Assign(FileBmw,MainFileName+'.Bmw');
  {$I-} Reset(FileBmw); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin

```

```

Close(FileDat2); Close(FileA1); Close(FileA5);
ErrMsg2; Exit;
end;
ClearWindow;
DisplayFormBmw;
UpdateFormBmw;
end; { Form Bmw Job Load }

procedure FormBmwJobOutput;

procedure PrintFormBmw;
var
  PlmwTot : array[1..12] of real;

begin
  ClearJobBox;
  for i := 1 to 12 do PlmwTot[i] := 0.0;
  GotoXY(17,11); Write('PRINTER가 준비되었으면 <RETURN>을 치시오.');
  GotoXY(24,13); Write('( <Esc> 전 메뉴로 돌아감 )');
  GotoXY(58,11); ch := ReadKey;
  if ch <> #13 then Exit;
  GotoXY(29,16); Write('프린트 중 . . .');
  Assign(Out,'LPT1');
  Rewrite(Out);
  Writeln(Out,Chr(27),Chr(27),'W');
  Writeln(Out,'  B',FormBTitle[6],'(BMW)');
  Writeln(Out,'-----');
  fp2 := 0; Seek(FileA5,fp2); Read(FileA5,RecA5);
  fp2 := 0;
repeat
  Seek(FileBmw,fp2); Read(FileBmw,RecBmw);
  str := RecBmw.A1WallName;
  RecA1Check(str,result);
  str := RecBmw.A2WindowName;
  str := RecBmw.OrientName;
  TotU := RecA1.Uday;
  TotUd := RecA1.Uday;
  TotUn := RecA1.Unight;
  Red := 0.08*RecBmw.NumBmw[6]+RecBmw.NumBmw[7];
  Ren := Red+RecBmw.NumBmw[8];
  Writeln(Out,' | 벽재 | 방향 | 각도 | 유리 | 벽면적 |      α='
          ,RecBmw.NumBmw[3]:5:2,'   m=' ,RecBmw.NumBmw[2]:5:2,'   | ');
  Writeln(Out,' +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+ U= day , night Rext= d
ay , night | ');
  Write(Out,' | ',RecBmw.WallName,' | ',RecBmw.OrientName,' | ',RecBmw.NumBmw[4]:2:0,' °C | ');
  case Trunc(RecBmw.NumBmw[5]) of
    1: Write(Out,'INC.');
    2: Write(Out,'S.G.');
    3: Write(Out,'D.G.');
  end;
  Writeln(Out,' | ',RecBmw.NumBmw[1]:7:2,' | ',TotUd:5:2,' ',TotUn:5:2
          ,',',Red:5:2,' ',Ren:5:2,' | ');
  Writeln(Out,' +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+');
  Writeln(Out,' | 1월 2월 3월 4월 5월 6월 7월 |');

```

```

        , 8월 9월 10월 11월 12월 | ');
WriteLn(Out, '|-----+');

str := RecBmw.OrientName;
RecDat2Check(str,result);
Write(Out,'| B (kWh/m2.day) | ');
case Trunc(RecBmw.NumBmw[4]) of
  90: Tilt := 1;
  80: Tilt := 2;
  45: Tilt := 3;
  30: Tilt := 4;
end;
for i := 1 to 12 do
  Write(Out,RecDat2.NumDat2[Tilt,Trunc(RecBmw.NumBmw[5]),i]:5:2,' ');
WriteLn(Out,'|-----+');
Write(Out,'| Sf | ');
for i := 1 to 12 do  Write(Out,RecBmw.Sf[i]:5:2,' ');
WriteLn(Out,'|-----+');
Write(Out,'| F (kWh/day) | ');
for i := 1 to 12 do begin
  F[i] := RecDat2.NumDat2[Tilt,Trunc(RecBmw.NumBmw[5]),i]*RecBmw.Sf[i]*
    RecBmw.NumBmw[1]*RecBmw.NumBmw[2]*RecBmw.NumBmw[3];
  Write(Out,F[i]:5:2,' ');
end;
WriteLn(Out,'|-----+');
Write(Out,'| Φmw (kWh/day) | ');
for i := 1 to 12 do begin
  Write(Out,RecBmw.PImw[i]:5:2,' ');
  PImwTot[i] := PImwTot[i] + RecBmw.PImw[i];
end;
WriteLn(Out,'|-----+');
Inc(fp2);
if FileSize(FileBmw) <> fp2 then
  WriteLn(Out,'|-----+');
until FileSize(FileBmw) = fp2;
WriteLn(Out,'|-----+');
Write(Out,'| TOTAL Φmw | ');
for i := 1 to 12 do  Write(Out,PImwTot[i]:5:2,' ');
WriteLn(Out,'|-----+');
WriteLn(Out,'|-----+');
WriteLn(Out,'| F = B*Sf*A*η*α | ');
WriteLn(Out,'| Φmw = F*D*Rext | ');
WriteLn(Out,'| IF night insulation. Φmw = F*((0.7*Dday*Dnext day)+(0.3*Dnight*Dnext night)) | ');
WriteLn(Out,'| Dday and Dnight are read from Form A1 | ');
WriteLn(Out,'| Rext = 0.06+Rg+Ra+(Rnight insul.) | ');
WriteLn(Out,'| selective coating : Ra = 0.40 m2.K/W Rg = 0. for single glazing | ');
WriteLn(Out,'| non-selective coating : Ra = 0.16 m2.K/W Rg = 0.11 for double glazing | ');
Close(FileA1); Close(FileA5); Close(FileBmw);
Close(FileDat2); Close(Out);
end; { Print Form Bmw }

begin
  Assign(FileDat2,RecDat.DataName+'.Rad');

```

```

{$I-} Reset(FileDat2); {$I+}
if IOResult <> 0 then begin
  ErrMsg2; Exit;
end;
Assign(FileA1,MainFileName+'.A1');
{$I-} Reset(FileA1); {$I+}
if IOResult <> 0 then begin
  Close(FileDat2); ErrMsg2; Exit;
end;
Assign(FileA5,MainFileName+'.A5');
{$I-} Reset(FileA5); {$I+}
if IOResult <> 0 then begin
  Close(FileDat2); Close(FileA1);
  ErrMsg2; Exit;
end;
Assign(FileBmw,MainFileName+'.Bmw');
{$I-} Reset(FileBmw); {$I+}
if IOResult <> 0 then begin
  Close(FileDat2); Close(FileA1); Close(FileA5);
  ErrMsg2; Exit;
end;
PrintFormBmw;
end; { Form Bmw Job Output }

begin
  Assign(FileDat,MainFileName+'.Dat');
  {$I-} Reset(FileDat); {$I+}
  if IOResult <> 0 then begin
    ErrMsg2; Exit;
  end;
  Close(FileDat);
  FormBmwJobEnd := False;
  GotoXY(15,2); WriteLn(FormBTitle[6]);
repeat
  FormBmwJobMenu;
  sel := SelectJobKey(10,16,2);
  case sel of
    1: FormBmwJobDataInput;
    2: FormBmwJobLoad;
    3: FormBmwJobOutput;
    4: FormBmwJobEnd := True;
  end;
  if sel = 0 then begin
    GotoXY(15,1); Write(Head[2]);
    GotoXY(15,2); Write(FormBTitle[6]);
  end;
  if sel in [0..2] then SelectJobBox
    else ClearJobBox;
  if sel <> 4 then FormBmwJobEnd := False;
until FormBmwJobEnd;
Exit;
end; { Form Bmw Job }

{end.}

```

## 1.2 TTC

```

290 LOCATE 16,42:GOSUB 2690:LOCATE 16,43:INPUT "",BLDATA(11):LOCATE 16,42:COLOR 7,0,0:PRINT USI
NG "#####.#";BLDATA(11)
300 GOSUB 2710
310 ' 각 구조체별 TTC, Area, Rk,
320 WALLNO%=BLDATA(1)
330 FOR WALL% = 1 TO WALLNO%
340 'TTC Internal Air Temperature Prediction, 1988/11/28, File Name : TTC
350 KEY OFF:SCREEN 0,0:CLS:VA=0:TTC=0:RK=0
360 LOCATE 2,1:PRINT "*** <<< TTC 계산 >>> ***":PRINT:PRINT USING "##";WALL%:PRINT TAB(5);"벽 층
A. 평":TAB(30);"벽체 면적 ":";TAB(55);"층 수 ":"FOR I=1 TO 39:PRINT"=":NEXT I:PRINT
370 FOR I=1 TO 8:LX=I*10-LEN(MES$(I))-1:LOCATE 6,LX:PRINT MES$(I):NEXT I:LOCATE 7,16:PRINT"d":L
OCATE 7,26:PRINT"l":LOCATE 7,36:PRINT"K":LOCATE 7,46:PRINT"s":LOCATE 7,56:PRINT"r":FOR I=1 TO 3
9:PRINT"--":NEXT I:PRINT
380 LOCATE 4,15:GOSUB 2690:LOCATE 4,15:INPUT "",WANAS(WALL%):COLOR 7,0,0:LOCATE 4,15:PRINT "
":LOCATE 4,15:PRINT WANAS(WALL%)
390 LOCATE 4,42:GOSUB 2690:LOCATE 4,43:INPUT "",RK(WALL%,1):COLOR 7,0,0:LOCATE 4,42:PRINT "
":LOCATE 4,43:PRINT RK(WALL%,1)
400 LOCATE 4,64:GOSUB 2690:LOCATE 4,65:INPUT "",LAYER:COLOR 7,0,0:LOCATE 4,64:PRINT "
":LOCATE 4,65:PRINT LAYER
410 =====
420 ' VALUE (WALL%,I,J) : J 값에 따른 참고
430 +
440 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
450 |-----+-----+-----+-----+-----+
460 | density| thick | k | s.heat| r 2/3 | 1*2*4 | Md | Ac | TTC | Ac TTC|
470
480 =====
490 'RK(I) : RK 값에 따른 참고
500
510 | 1 | 2 |
520
530 | AREA | RK |
540
550 | area | RK |
560 FOR I=1 TO LAYER+1:LOCATE I+8,1:PRINT USING "#":I:NEXT I:FOR I=1 TO 39:PRINT"=":NEXT I:PR
INT
570 FOR I=1 TO LAYER+1:LOCATE I+8,1:GOSUB 2690:LOCATE I+8,1:INPUT "",MANAS(I):COLOR 7,0,0:LOCAT
E I+8,1:PRINT "":LOCATE I+8,1:PRINT MANAS(I)
580 FOR J=1 TO 4:LOCATE I+8,J*10:GOSUB 2690:LOCATE I+8,J*10+1:INPUT "",VALUE(WALL%,I,J):COLOR 7
,0,0:LOCATE I+8,J*10:PRINT USING "##.###.##":VALUE(WALL%,I,J):NEXT J
590 IF VALUE(WALL%,I,1)=0 THEN LOCATE I+8,50:GOSUB 2690:LOCATE I+8,51:INPUT "",VALUE(WALL%,I,5
):LOCATE I+8,50:COLOR 7,0,0:PRINT USING "##.###.##":VALUE(WALL%,I,5):VA=VA+VALUE(WALL%,I-1,5):
VALUE(WALL%,I,7)=VA+(VALUE(WALL%,I,5)/2):GOTO 630
600 VALUE(WALL%,I,5)=VALUE(WALL%,I,2)/VALUE(WALL%,I,3):LOCATE I+8,50:PRINT USING "##.###.##";V
ALUE(WALL%,I,5)
610 VA=VA+VALUR(WALL%,I-1,5)
620 VALUE(WALL%,I,6)=VALUE(WALL%,I,1)*VALUE(WALL%,I,2)*VALUE(WALL%,I,4):VALUE(WALL%,I,7)=VA+(VA
LUE(WALL%,I,2)/(2*VALUR(WALL%,I,3))):VALUE(WALL%,I,8)=VALUE(WALL%,I,6)*VALUE(WALL%,I,7):LOCATE
I+8,60:PRINT USING "##.###.##":VALUE(WALL%,I,8)
630 TTC=TTC+VALUE(WALL%,I,8):VALUE(WALL%,I,9)=TTC:LOCATE I+8,70:PRINT USING "##.###.##":VALUE(
WALL%,I,9)
640 RK=RK+VALUE(WALL%,I,5):LPC=LPC+VALUE(WALL%,I,6):NEXT I
650 RK(WALL%,2)=RK:TTC(WALL%)=VALUR(WALL%,I,9):COLOR 7,0,0
660 GOSUB 2710
670 NEXT WALL%
680 '구조체 채의 TTCB 계산

```

```

690 =====
700 'TAK : 구조체 면적의 합계, TRK : 구조체 일정 합계
710 'AKRK: ΣAK*RK          AKTK: ΣAK*TTTC
720 -----
730 FOR I=1 TO LAYER:TAK=TAK+RK(I,1):TRK=TRK+RK(I,2):AKRK=AKRK+(RK(I,1)*RK(I,2)):AKTK=AKTK+(RK(
I,1)*TTTC(I)):NEXT I:TSR=TAK/TRK
740 TTTCB=(AKTK/TRK)+(.5*BLDATA(2)*BLDATA(3))*(AKRK/TAK+BLDATA(4)+.25*BLDATA(5))
750 'TTTCVD, 관계를 고려한 TTC 계산
760 TTTCVD = (TTTCB*BLDATA(6))/(BLDATA(8)+(BLDATA(7)*BLDATA(8)*BLDATA(9)/TRK))
770 CLS:LOCATE 10,15:PRINT" ====="
780 LOCATE 11,15:PRINT" |      TTTCVD = ":";PRINT USING "###,###.##";TTTCVD::PRINT "
| "
790 LOCATE 12,15:PRINT" ====="
795 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 795
810 '각 구조체별 TTC, Area, Rk.
820 WALLNO%=BLDATA(1)
830 FOR WALL% = 1 TO WALLNO%
840 'TTC Internal Air Temperature Prediction, 1988/11/28, File Name : TTC
850 KEY OFF:SCREEN 0,0,0:CLS:VA=0:TTC=0:RK=0
860 LOCATE 2,1:PRINT "*** << TTC 계산 >> ***":PRINT:PRINT USING "#";WALL%::PRINT TAB(5);"벽 "
A 면 :"TAB(30);"벽 면적 :"TAB(55);"층 수 ":"FOR I=1 TO 39:PRINT"="":NEXT I:PRINT
870 FOR I=1 TO 8:LX=I*10-LEN(MES$(I))-1:LOCATE 6,LX:PRINT MES$(I):NEXT I:LOCATE 7,18:PRINT"d":L
OCATE 7,26:PRINT"l":LOCATE 7,36:PRINT"r":LOCATE 7,46:PRINT"s":LOCATE 7,56:PRINT"t":FOR I=1 TO 3
9:PRINT"--":NEXT I:PRINT
880 LOCATE 4,15:GOSUB 2690:LOCATE 4,15:INPUT "",WANAS(WALL%):COLOR 7,0,0:LOCATE 4,15:PRINT "
":LOCATE 4,15:PRINT WANAS(WALL%)
890 LOCATE 4,42:GOSUB 2690:LOCATE 4,43:INPUT "",RK(WALL%,1):COLOR 7,0,0:LOCATE 4,42:PRINT "
":LOCATE 4,43:PRINT RK(WALL%,1)
900 LOCATE 4,64:GOSUB 2690:LOCATE 4,65:INPUT "",LAYER:COLOR 7,0,0:LOCATE 4,64:PRINT "
":LOCATE 4,65:PRINT LAYER
910 -----
920 ' VALUE (WALL%,I,J): J 값에 따른 참고
930 '+-----+
940 '| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
950 '|-----+-----+-----+-----+-----+-----+
960 '| dnsity| thick | k | s.heat| r 2/3 | 1*2*4 | Md_lAc | TTC | Ac TTC|
970 -----
980 '-----+
990 'RK(I): RK 값에 따른 참고
1000 -----
1010 '| 1 | 2 |
1020 -----
1030 ' AREA | RK |
1040 -----
1050 ' area | RK |
1060 FOR I=1 TO LAYER+1:LOCATE I+8,1:PRINT USING "#":I:NEXT I:FOR I=1 TO 39:PRINT"="":NEXT I:P
RINT
1070 FOR I=1 TO LAYER+1:LOCATE I+8,1:GOSUB 2690:LOCATE I+8,1:INPUT "",MANA$(I):COLOR 7,0,0:LOCA
TE I+8,1:PRINT "           ":LOCATE I+8,1:PRINT MANA$(I)
1080 FOR J=1 TO 4:LOCATE I+8,J*10:GOSUB 2690:LOCATE I+8,J*10+1:INPUT "",VALUE(WALL%,I,J):COLOR
7,0,0:LOCATE I+8,J*10:PRINT USING "###,###.##":VALUE(WALL%,I,J):NEXT J
1090 IF VALUE(WALL%,I,1)=0 THEN LOCATE I+8,50:GOSUB 2690:LOCATE I+8,51:INPUT "",VALUE(WALL%,I,
5):LOCATE I+8,50:COLOR 7,0,0:PRINT USING "###,###.##":VALUE(WALL%,I,5):VA=VA+VALUE(WALL%,I-1,5)
:VALUE(WALL%,I,7)=VA+(VALUE(WALL%,I,5)/2):GOTO 1130
1100 VALUE(WALL%,I,5)=VALUE(WALL%,I,2)/VALUE(WALL%,I,3):LOCATE I+8,50:PRINT USING "###,###.##";
VALUE(WALL%,I,5)

```

```

1110 VA=VA+VALUE(WALLX,I-1,5)
1120 VALUE(WALLX,I,6)=VALUE(WALLX,I,1)*VALUE(WALLX,I,2)*VALUE(WALLX,I,4):VALUE(WALLX,I,7)=VA+(V
ALUE(WALLX,I,2)/(2*VALUE(WALLX,I,3))):VALUE(WALLX,I,8)=VALUE(WALLX,I,6)*VALUE(WALLX,I,7):LOCATE
I+8,60:PRINT USING "###.###.##";VALUE(WALLX,I,8)
1130 TTC=TTC+VALUE(WALLX,I,8):VALUB(WALLX,I,9)=TTC:LOCATE I+8,70:PRINT USING "###.###.##";VALUB
(WALLX,I,9)
1140 RK=RK+VALUE(WALLX,I,5):LPC=LPC+VALUE(WALLX,I,8):NEXT I
1150 RK(WALLX,2)=RK:TTC(WALLX)=VALUE(WALLX,I,9):COLOR 7,0,0
1160 GOSUB 2710
1170 NEXT WALLX
1180 '구조체 계의 TTCB 계산
1190 =====
1200 TAB : 구조체 면적의 합계, TRK : 구조체 면적의 합계
1210 AKRK: ΣAK*RK          AKTRK: ΣAK*TTC
1220
1230 FOR I=P TO LAYER:TAK=TAK+RK(I,1):TRK=TRK+RK(I,2):AKRK=AKRK+(RK(I,1)*RK(I,2)):AKTRK=AKTRK+(RK
(I,1)*TTC(I)):NEXT I:TSK=TAK/TRK
1240 TTCB=(AKTRK/TAK)+(.5*BLDATA(2)*BLDATA(3))*(AKRK/TAK+BLDATA(4)+.25*BLDATA(5))
1250 'TTTCVN, 판기별 그리기한 TTC 계산
1260 TTTCVN=(TTTCB*BLDATA(6))/(BLDATA(6)+(BLDATA(7)*BLDATA(8)*BLDATA(9)/TAK))
1270 CLS:LOCATE 10,15:PRINT" ====="
1280 LOCATE 11,15:PRINT" |      TTTCVN = ";:PRINT USING "###.###.##";TTTCVN;:PRINT "
| "
1290 LOCATE 12,15:PRINT" ====="
1295 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 1295
1300 '축열 이외의 구조체 특성, File Name : EXWALL
1310 CLS:K=BLDATA(11)
1320 CLS:LOCATE 3,1:PRINT"*** << 축열 벽 이외의 열특성에 관하여 입력하시오 >> ***":PRINT:FOR I
=1 TO 79:PRINT"=";:NEXT I
1340 PRINT"구조체 번호":TAB(20); "구조체 명":TAB(40); "면 적":TAB(60); "열 저항":FOR I=1 TO
79:PRINT"-";:NEXT I:PRINT
1350 FOR I=1 TO K:PRINT USING "####";I:NEXT I:FOR I=1 TO 79:PRINT"=";:NEXT I
1360 FOR I=1 TO K
1370 LOCATE I+7,20:COLOR 0,7,0:PRINT"      ";:LOCATE I+7,20:INPUT "",EXWN$(I):COLOR 7,0,0:LO
CATE I+7,20:PRINT"      ";:LOCATE I+7,20:PRINT EXWN$(I)
1380 LOCATE I+7,40:COLOR 0,7,0:PRINT"      ";:LOCATE I+7,40:INPUT "",EXWS(I):COLOR 7,0,0:LOC
ATE I+7,40:PRINT USING "###.###.##";EXWS(I)
1390 LOCATE I+7,60:COLOR 0,7,0:PRINT"      ";:LOCATE I+7,60:INPUT "",EXWR(I):COLOR 7,0,0:LOC
ATE I+7,60:PRINT USING "###.###.##";EXWR(I)
1400 SR(I)=EXWS(I)/EXWR(I):SR=SR+SR(I)
1410 NEXT I
1420 GOSUB 2710
1430 '표면온도 계산
1440 CLS:LOCATE 3,1:PRINT"***<< 다음 변수의 값을 입력하시오 >>***":PRINT:GOSUB 2700
1450 PRINT"ROS -----":PRINT"일사 흡수율 -----"
1460 PRINT"표면 방사율 -----":PRINT"F (correcting operative factor)--":PRINT"위
도 -----":PRINT"1월 1일부터의 일수 -----":PRINT"벽체의 각도 ---"
-----":PRINT
1470 PRINT "기상 파일명 -----":PRINT:GOSUB 2700
1480 LOCATE 6,35:GOSUB 2690:LOCATE 6,35:INPUT "",ROS:LOCATE 6,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "####.
##";ROS
1490 LOCATE 7,35:GOSUB 2690:LOCATE 7,35:INPUT "",ALP:LOCATE 7,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "####.
##";ALP
1500 LOCATE 8,35:GOSUB 2690:LOCATE 8,35:INPUT "",EMI:LOCATE 8,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "####.
##";EMI
1510 LOCATE 9,35:GOSUB 2690:LOCATE 9,35:INPUT "",F:LOCATE 9,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "#####.
##"

```

```

.##";P
2020 LOCATE 10,35:GOSUB 2690:LOCATE 10,35:INPUT "",PHI:LOCATE 10,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "##"
#####.##";PHI
2030 LOCATE 11,35:GOSUB 2690:LOCATE 11,35:INPUT "",DAY:LOCATE 11,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "##"
#####.##";DAY
2040 LOCATE 12,35:GOSUB 2690:LOCATE 12,35:INPUT "",ALPHA:LOCATE 12,35:COLOR 7,0,0:PRINT USING "##"
#####.##";ALPHA
2050 LOCATE 14,35:GOSUB 2690:LOCATE 14,35:INPUT "",FILENA$:LOCATE 14,35:COLOR 7,0,0:PRINT "
    .LOCATE 14,35:PRINT FILENA$
2060 GOSUB 2710
2070 CLS
2080 '태양의 고도 계산
2090 PI=3.141592:DBLTA=23.45*SIN(PI/180*(.988*(284+DAY)))
2100 I=0:FOR T=-120 TO 120 STEP 15:I=I+1:H=(SIN(PI*PHI/180)*SIN(PI*DBLTA/180))+(COS(PI*DBLTA/18
0)*COS(PI*PHI/180)*(COS(PI*T/180))):HRAD=ATN(H/SQR(1-H^2)):H(I)=HRAD*180/PI:NEXT T
2110 '=====
2120 '   4   5   6   7   8   9   10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20
2130 '   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10  11  12  13  14  15  16  17
2140 '-120 -90 -60 -30   0   30   60   90   120
2150 '=====
2160 '=====
2170 '
2180 '           W
2190 '           W   /
2200 '           TO   W   / BUILDING
2210 '           SKY LINE   W   GAMMER   / SURFACE
2220 '           W   /
2230 '           W   /
2240 '           BETA ( W / ) ALPA
2250 ' -----
2260 '
2270 '=====
2280 '기상 파일 이용
2290 OPEN FILENA$+".TEM" AS#1 LEN=4
2300 OPEN FILENA$+".SOL" AS#2 LEN=4
2310 OPEN FILENA$+".PWP" AS#3 LEN=4
2320 FIELD#1, 4 AS TEMP$
2330 FIELD#2, 4 AS SOLR$
2340 FIELD#3, 4 AS PWVP$
2350 '기상 파일 읽기
2360 FOR RN% = 1 TO 168
2370 GET#1, RN%
2380 TEM(RN%)=CVS(TEMP$)
2390 GET#2, RN%
2400 SOL(RN%)=CVS(SOLR$)
2410 GET#3, RN%
2420 PWP(RN%)=CVS(PWVP$)
2430 NEXT RN%
2440 CLOSE:RN% = 0
2450 LPRINT "***** SIMULATION RESULT *****":LPRINT
2460 FOR I=1 TO 79:LPRINT "=";:NEXT I:LPRINT "DAY TIME OutdoorTem Insolation SolairTem
SurfaceTem IndoorTem":FOR I=1 TO 79:LPRINT "-";:NEXT I:LPRINT
2470 FOR REREN=1 TO 6:RN%=(REREN-1)*24
2480 FOR TIM=0 TO 23:RN%=RN%+1
2490 IF TIM>=4 AND TIM<=20 THEN BETA=H(TIM-3) ELSE BETA=0
2500 IF BETA<=0 THEN BETA=0

```

```

2510 GAMMER=180-ALPHA-BETA
2520 A=.32*(1-COS(PI*GAMMER/180))-.0297*(GAMMER*COS(PI*ALPHA/180)+(SIN(PI*GAMMER/180)*COS(PI*B
BTA/180))):B=.0323*(1-COS(PI*GAMMER/180))
2530 FOR I=1 TO RN%
2540 DELT(I)=ALP*SOL(I)+(4.88E-08*((TEM(I)+273)^4)*(A+(B*PWP(I)^.5)-R*EMI):NEXT I
2550 DELT(0)=DELT(1)
2552 FOR I=1 TO RN%
2553 IF I<=24 GOTO 2701 ELSE 2554
2554 IF I<=48 GOTO 2702 ELSE 2555
2555 IF I<=72 GOTO 2704 ELSE 2556
2556 IF I<=96 GOTO 2708 ELSE 2557
2557 IF I<=120 GOTO 2708 ELSE 2558
2558 GOTO 2709
2559 TTTCV(I)=TTTCVD:GOTO 2561
2560 TTTCV(I)=TTTCVN:GOTO 2561
2561 NEXT I
2562 TTTCV(0)=TTTCV(1)
2564 FOR I=1 TO RN%
2565 TSOL=TSOL+(1/(1/ROS+(1/RK*(EXP(-(RN%-I)/TTTCV(I)))))*(DELT(I)-DELT(I-1))):NEXT I
2570 TSK(RN%)=TEM(RN%)+TSOL:TSOL=0
2580 '실내온도 예측
2590 TSK(0)=TSK(1):FOR I=1 TO RN%
2600 DELTSK=DELTSK+((TSK(I)-TSK(I-1))*(I-EXP(-1*(RN%-I)/TTTCV(I))))
2610 NEXT I
2620 TIK(RN%)=TSK(1)+DELTSK:DELTSK=0:TIK(0)=TIK(1)
2630 '실내온도 예측
2640 FOR I=1 TO E:TIAUP=TIAUP+(SR(I)*TIK(RN%-1)):TIADN=TIADN+SR(I):NEXT I:TIADN=TIADN+TSK
2650 TIA(RN%)=TIAUP/TIADN:TIAUP=0:TIADN=0
2660 LPRINT USING "#### #### ####.## ####.## ####.## ####.## ####.## ####.##" "
;REREN,TIM,TEM(RN%),SOL(RN%),TSK(RN%),TIK(RN%),TIA(RN%)
2670 NEXT TIM,REREN
2675 FOR I=1 TO 79:LPRINT "-":NEXT I:LPRINT
2680 COLOR 7,0,0:END
2690 COLOR 0,7,0:PRINT"-----":RETURN
2700 FOR I=1 TO 79:PRINT"=":NEXT I:RETURN
2701 IF I>=9 AND I<=18 THEN 2559 ELSE 2580
2702 IF I>=33 AND I<=42 THEN 2559 ELSE 2560
2704 IF I>=57 AND I<=66 THEN 2559 ELSE 2560
2706 IF I>=81 AND I<=90 THEN 2559 ELSE 2560
2708 IF I>=105 AND I<=114 THEN 2559 ELSE 2560
2709 IF I>=129 AND I<=138 THEN 2559 ELSE 2560
2710 PASS$=INKEY$:IF PASS$="" THEN 2710 '프린트를 위한 정지
2720 RETURN

```

\* 서울지역의 유리특성(종류, 각도별)에 따른 일평균 일사량 데이터

SEOUL, KOREA		Latitude: 37°34' N Altitude: 85.50 m						Longitude: 126°58' E Period: 1990						(BWh/m <sup>2</sup> )	
Azimuth/slope	Month/Date	Jan 17	Feb 14	Mar 17	Apr 11	May 10	Jun 14	Jul 16	Aug 14	Sep 16	Oct 16	Nov 17	Dec 17		
South	INC.	3.47	4.10	3.41	3.01	2.74	1.81	1.03	2.26	2.77	2.98	1.61	2.74		
	40 S.6.	2.95	3.45	2.62	2.18	1.60	1.20	0.68	1.57	2.07	2.36	1.31	2.75		
	D.6.	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.51	1.92	1.09	1.89		
	INC.	3.96	5.19	4.50	4.80	4.15	3.46	1.91	3.71	3.88	3.67	1.83	3.03		
	60 S.6.	3.29	4.26	3.14	3.68	3.25	2.69	1.49	3.01	3.14	3.01	1.52	2.51		
	D.6.	2.74	3.57	3.01	3.01	2.63	2.16	1.21	2.41	2.60	2.51	1.27	2.11		
	INC.	3.90	5.22	4.76	5.11	4.71	4.15	2.26	4.18	4.14	3.72	1.79	2.91		
	45 S.6.	3.21	4.31	4.34	4.14	3.79	3.52	1.81	3.39	3.58	3.06	1.48	2.41		
	D.6.	2.68	3.39	3.21	3.43	3.13	2.72	1.49	2.61	2.81	2.55	1.24	2.02		
	INC.	3.61	5.00	4.76	5.36	5.06	4.64	2.49	4.42	4.16	3.57	1.84	2.64		
SE/SW	30 S.6.	2.95	4.09	3.88	4.36	3.54	3.76	2.03	3.61	3.40	2.92	1.34	2.15		
	D.6.	2.43	3.40	3.22	3.62	3.41	3.12	1.69	3.01	2.84	2.43	1.11	1.75		
	INC.	3.81	5.40	3.13	3.14	2.79	2.37	1.29	2.46	2.63	2.91	1.73	2.16		
	40 S.6.	2.25	2.87	2.59	2.45	2.13	1.77	0.97	1.92	2.07	2.32	1.19	1.73		
	D.6.	1.85	2.35	2.03	1.98	1.68	1.38	0.77	1.54	1.69	1.90	1.79	1.43		
	INC.	3.37	4.51	4.10	4.45	4.19	3.66	1.99	3.63	3.58	3.68	1.96	2.32		
	60 S.6.	2.74	3.67	3.40	3.60	3.38	2.93	1.59	2.94	2.90	3.00	2.66	2.05		
	D.6.	2.26	3.04	2.82	2.98	2.77	2.40	1.21	2.43	2.41	2.50	1.21	1.70		
	INC.	3.41	4.67	4.47	4.91	4.75	4.22	2.27	4.04	3.83	3.91	3.28	2.50		
	45 S.6.	2.76	3.80	3.64	4.00	3.87	3.42	1.84	3.30	3.14	3.12	2.66	2.03		
E/W	D.6.	2.29	3.16	3.03	3.22	3.21	2.83	1.53	2.74	2.62	2.59	1.21	1.68		
	INC.	3.27	4.60	4.54	5.17	5.16	4.64	2.48	4.28	3.92	3.75	3.12	2.35		
	30 S.6.	2.62	3.73	3.76	4.21	4.21	3.78	2.02	3.50	3.21	3.06	2.51	1.88		
	D.6.	2.16	3.09	3.08	3.50	3.51	3.15	1.69	2.93	2.68	2.54	2.07	1.54		
	INC.	3.69	4.21	2.50	2.88	2.88	2.64	1.39	2.35	2.11	1.99	1.39	1.21		
	90 S.6.	1.30	1.87	1.76	2.27	2.27	2.09	1.09	1.86	1.66	1.56	1.23	0.93		
	D.6.	1.12	1.62	1.69	1.95	1.96	1.79	0.94	1.61	1.44	1.34	1.04	0.80		
	INC.	2.18	3.13	3.30	3.91	3.99	3.68	1.92	3.21	2.81	2.56	2.03	1.51		
	60 S.6.	1.69	2.48	2.65	3.14	3.22	2.97	1.56	2.99	2.26	2.03	1.50	1.17		
	D.6.	1.56	2.01	2.19	2.59	2.14	2.46	1.29	2.15	1.86	1.66	1.27	0.94		
NE/NW	INC.	2.35	3.42	3.63	4.34	4.48	4.14	2.17	3.59	3.10	2.79	2.18	1.61		
	45 S.6.	1.92	2.73	2.93	3.51	3.65	3.37	1.77	2.91	2.50	2.32	1.89	1.24		
	D.6.	1.47	2.20	2.40	2.91	3.03	2.81	1.47	2.42	2.07	1.82	1.36	0.99		
	INC.	2.43	3.64	3.89	4.71	4.91	4.54	2.58	3.91	3.34	3.41	2.28	1.67		
	30 S.6.	1.89	2.88	3.13	3.81	4.01	3.71	1.95	3.19	2.70	2.71	1.76	1.28		
	D.6.	1.52	2.32	2.57	3.15	3.37	3.10	1.65	2.64	2.23	2.21	1.41	1.01		
	INC.	0.93	1.56	1.60	2.04	2.23	2.13	1.07	1.60	1.22	1.03	0.78	0.60		
	90 S.6.	0.70	1.03	1.20	1.56	1.69	1.64	0.82	1.23	0.91	0.78	0.58	0.43		
	D.6.	0.54	0.80	0.94	1.24	1.36	1.32	0.66	0.97	0.71	0.61	0.45	0.35		
	INC.	1.17	1.81	2.19	2.88	3.20	3.11	1.57	0.71	1.60	1.35	0.96	0.73		
North	60 S.6.	0.88	1.33	1.65	2.22	2.47	2.44	1.22	0.35	1.26	0.99	0.70	0.54		
	D.6.	0.70	1.04	1.31	1.78	2.01	1.99	0.99	0.44	0.99	0.76	0.54	0.43		
	INC.	1.14	2.13	2.59	3.46	3.87	3.74	1.90	2.87	2.05	1.63	1.12	0.85		
	45 S.6.	0.99	1.56	1.97	2.69	3.05	2.97	1.50	2.20	1.55	1.17	0.78	0.59		
	D.6.	0.76	1.22	1.54	2.16	2.48	2.43	1.23	1.77	1.22	0.90	0.60	0.47		
	INC.	1.63	2.61	3.11	3.19	4.52	4.24	2.23	3.46	2.32	2.03	1.46	1.00		
	30 S.6.	1.16	1.90	2.38	2.92	3.63	3.49	1.79	2.67	1.94	1.48	0.96	0.68		
	D.6.	0.89	1.46	1.89	2.04	2.99	2.88	1.47	2.19	1.54	1.14	0.72	0.52		
	INC.	0.82	1.14	1.20	1.43	1.50	1.40	0.71	0.99	0.83	0.79	0.65	0.52		
	90 S.6.	0.63	0.88	0.93	0.96	0.98	1.01	0.47	0.58	0.65	0.61	0.51	0.41		
Horizontal	D.6.	0.50	0.71	0.76	0.75	0.72	0.75	0.34	0.42	0.52	0.49	0.40	0.32		
	INC.	1.02	1.39	1.43	1.34	2.08	2.02	1.36	1.58	0.88	0.88	0.73	0.65		
	60 S.6.	0.80	1.08	1.13	1.31	1.75	1.93	0.69	0.93	0.68	0.69	0.59	0.49		
	D.6.	0.64	0.88	0.90	1.02	1.28	1.43	0.65	0.67	0.54	0.55	0.47	0.39		
	INC.	1.10	1.49	1.79	2.94	3.64	3.55	1.82	1.54	1.49	0.92	0.79	0.60		
	45 S.6.	0.96	1.19	1.25	2.06	2.69	2.79	1.38	1.04	0.90	0.73	0.63	0.63		
	D.6.	0.70	0.96	0.99	1.50	2.06	2.19	1.06	0.76	0.67	0.58	0.59	0.51		
	INC.	1.19	2.00	2.68	3.81	4.43	4.30	2.19	2.28	2.59	1.56	0.90	0.68		
	30 S.6.	0.93	1.39	1.89	2.49	3.48	3.43	1.74	1.74	1.82	1.23	0.57	0.56		
	D.6.	0.74	1.08	1.44	2.26	2.93	2.79	1.41	1.37	1.37	1.00	0.46	0.40		
Horizontal diffuse	INC.	2.51	3.80	4.10	5.02	5.30	4.91	2.50	4.19	3.55	3.09	2.34	1.69		
	D.6.	1.91	2.32	3.29	4.09	4.54	4.03	2.11	3.42	2.86	2.11	1.78	1.25		
Daylength (hours)	9.89	10.75	12.02	13.08	14.27	14.73	14.48	13.65	12.40	11.22	10.12	9.58			
	Max.solar altitude	31.24	39.32	50.49	61.14	72.59	75.46	73.40	67.70	55.28	43.56	33.29	29.69		

## II. [Method 5000] Program Out Put

### 1.1 NO INSULATION

A2) 태양열과 내부열 획득을 고려하지 않은 난방부하 계산(Qng)

A1) 외벽과 지붕을 통한 열손실

벽체	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
east wall	0.40	0.40	3.33	1.33	1.33
north wall	0.40	0.40	1.93	0.77	0.77
ceiling	0.39	0.39	2.09	0.82	0.82
floor	0.40	0.40	2.09	0.84	0.84
south mass wall	2.13	2.13	1.66	3.53	3.53
TOTALS			11.10	7.29	7.29

$$\text{Heat Loss} = \text{U-value} * \text{area}$$

A2) 유리창을 통한 열손실

유리창	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
south window	3.23	3.23	0.10	0.32	0.32
TOTALS			0.10	0.32	0.32

$$\text{Heat loss} = \text{U-value} * \text{area}$$

A5) 품세바람에 의한 열손실

> 총 외기 도입량 (qt) : 1.10 (W/K)

	(m <sup>3</sup> /h)		Re(W/K)	Rb(W/K)
외부교환기	qex= 0.00	Re= 0.00	0.00	
Open Loop	qsw	Esw		Rsw(W/K)
집열방식	0.00	0.00		0.00
TOTALS			0.00	0.00

공기중에서 열교환기에 의한 감소 : Re=0.34xqexRe 0.00

완충공간을 통한 외기 도입으로 인한 감소

개방부우프형(Open Loop) 공기 집열방식을 통한 감소

$$: Rsw=0.34xqswxEsw 0.00$$

$$: Rt=Re+Rb+Rsw 0.00$$

$$: 0.34xqt-Rt 0.37$$

A6) 열손실의 합계

	면적/길이 m <sup>2</sup> /length	주간 열손실		야간 열손실	
		W/K	%	W/K	%
A1   외벽과 지붕을 통한 열손실	11.10	7.29	91.3	7.29	91.3
A2   외부창을 통한 열손실	0.10	0.32	4.0	0.32	4.0
완충공간을 통한 전체 열손실	0.00	0.0	0.00	0.0	
합계 A1+A2+A3+A4	7.82	95.3	7.82	95.3	
A5   냉새바람에 의한 열손실	0.37	4.7	0.37	4.7	
A6   열손실 합계	7.99	100.0	7.99	100.0	

A7) 월간 난방부하

Climate of: seoul

주간 열손실 = 7.99 W/K

야간 열손실 = 7.99 W/K

설내기준온도(Thermostat set temperature) : Tt = 18.0 °C

난방공간의 계적 : Vh = 3.66 m<sup>3</sup>

월별 일수	월 평균외기온 ( °C)	월간난방도일 DDm(K.days)	일조시간 (hr)	1일 열손실 kWh/K.day	월간난방부하	
					Qng(kWh/month)	
1월   31   -2.1   623   9.9   0.19   119.5						
2월   28   -1.5   548   10.7   0.19   104.7						
3월   31   4.3   425   12.0   0.19   81.5						
4월   30   11.3   201   13.0   0.19   38.6						
5월   0   17.9   0   14.2   0.19   0.0						
6월   0   22.3   0   14.7   0.19   0.0						
7월   0   24.4   0   14.4   0.19   0.0						
8월   0   26.4   0   13.6   0.19   0.0						
9월   0   21.4   0   12.4   0.19   0.0						
10월   0   15.0   0   11.2   0.19   0.0						
11월   30   5.5   375   10.1   0.19   71.9						
12월   31   0.1   555   9.6   0.19   106.4						
181     2725       522.6						

$$DDm = (Tt-To)*N$$

$$LL = (H*daytime heat loss + (24-H)*night time heat loss)/1000$$

$$Qng = LL*DDm$$

$$G = Qngtot / (0.024 \times Vh \times DDm) = 2.18 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

3. 자연형태양열시스템에 의하여 취득한 일사량의 계산  
 B1) 직접획득방식에 의한 태양열 획득( $\dot{Q}_{dg}$ )

유리창 south window	방향 south	각도 90 ( $^{\circ}$ C)	유리 D.G.	면적 A= 0.27	G/W 면적비 m= 0.37	Cc 0.10	Cf 1.00						
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
E (kWh/m <sup>2</sup> .day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89	
Sf	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.89
$\dot{Q}_{dg}$ (kWh/day)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
TOTAL $\dot{Q}_{dg}$	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

$$\dot{Q}_{dg} = E * A * m * Cc * Sf * Cf \quad Cc : \text{망창의 유효 일사 관류율(망창이 없을 때 } Cc=1, \text{ 보통 } Cc=0.93)$$

SF : 창의 차폐율

Cf : 바닥의 단열정도에 따른 태양열 손실계수

B6) 측열벽을 통한 태양열 획득( $\dot{Q}_{mw}$ )

벽체	방향	각도	유리	벽면적	$\alpha = 0.80$	$m = 0.89$							
south mass wall	south	90 $^{\circ}$ C	D.G.	1.66	U= day , night	Rext= day , night							
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
E (kWh/m <sup>2</sup> .day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89	
Sf	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	
F (kWh/day)	2.69	3.34	2.46	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	2.23	
$\dot{Q}_{mw}$ (kWh/day)	1.89	2.35	1.73	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.57	
TOTAL $\dot{Q}_{mw}$	1.89	2.35	1.73	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.57	

$$F = E * Sf * A * m * \alpha$$

$$\dot{Q}_{mw} = F * \alpha * Rext$$

IF night insulation.  $\dot{Q}_{mw} = F * ((0.7 * U_{day} * Rext\_day) + (0.3 * U_{night} * Rext\_night))$

Uday and Unight are read from Form A1

Rext =  $0.06 + Rg + Ra$  (Night insul.)

selective coating :  $Ra = 0.40 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$        $Rg = 0.$  for single glazing

non-selective coating :  $Ra = 0.16 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$        $Rg = 0.11$  for double glazing

B7) 모든 태양열획득에 대한 총계(출력)( $\Sigma \dot{Q}_{solar}$ )

TYPE	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
월별일수	31	28	31	30	0	0	0	0	0	0	30	31	181
$\dot{Q}_{dg}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
$\dot{Q}_{mw}$	1.9	2.3	1.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.8	295
TOTAL	1.9	2.4	1.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.8	298

12

The yearly totals in kWh are  $\dot{Q}_{yearly} = \sum_{i=1}^{12} \dot{Q}_{ixNi}$

4. 유용한 태양열과 내부열획득 및 보조난방부하 계산

C> 유효획득과 보조난방부하

난방공간의 세적 :  $V_h = 4 \text{ m}^3$  Climate of : seoul

난방부하 계수 :  $G = 2.18 \text{ W/m}^2\text{K}$

실내기준온도(Thermostat set temperature) :  $T_t = 18^\circ\text{C}$

I-value category : 3

Raw internal gains :  $\dot{Q}_i = 0.00 \text{ kWh/day}$

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
월별일수	31	28	31	30	0	0	0	0	0	0	30	31	181
To	-2.1	-1.5	4.3	11.3	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	5.5	0.1	
LL	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	35
$\Sigma \dot{Q}_{sol}$	1.9	2.4	1.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.6	298
Tnh	7.9	10.9	13.4	18.6	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	10.3	8.4	
E	1.0	0.9	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	
Qi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qdg	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Qmw	59	62	47	26	0	0	0	0	0	0	26	49	269
Qng	120	105	81	39	0	0	0	0	0	0	72	106	523
$\Sigma Q$	59	63	48	26	0	0	0	0	0	0	27	49	272
Qaux	60	42	34	12	0	0	0	0	0	0	45	57	251

To (°C) : Average outdoor temp

Tnh (°C) : Temp without heating

LL (kWh/R.day) : Daily heat loss

B : Utilization factor

$\Sigma \dot{Q}_{sol}$  (kWh/day) : Sum of solar gains

Qi (kWh) = B \*  $\dot{Q}_i * N$

Qdg (kWh) = B \*  $\dot{Q}_{dg} * N$

Qs (kWh) = B \*  $\dot{Q}_{sol} * N$

Qng (kWh) : Heating load without gains

$\Sigma Q$  (kWh) : Useful gains

Qaux (kWh) : Auxiliary heating load

$\Sigma Q = B * (\Sigma \dot{Q}_{sol} + \dot{Q}_i) * N$

Tnh = To + ( $\dot{Q}_i + \Sigma \dot{Q}_{sol}$ ) / LL

Qaux = Qng -  $\Sigma Q$

X = Tt - Tnh

B = (Qauxtot \* G) / Qngtot = 1.05 W/m<sup>2</sup>.K

B = F(X)

G : 꼭두없는 연간 난방부하계수

(Form A7에서 계산)

5. 자연형 태양열시스템에서 실내평균온도 및 계적조건 계산

D) 월별 실내평균온도(ti) 계산

$$ti = Tnh + (Qaux / (LL * N)) \quad (^{\circ}\text{C})$$

DESIGNATION	1월 31	2월 28	3월 31	4월 30	5월 31	6월 30	7월 31	8월 31	9월 30	10월 31	11월 30	12월 31
To $(^{\circ}\text{C})$	-2.1	-1.5	4.3	11.3	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	5.5	0.1
LL (KWh/k.day)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tnh $(^{\circ}\text{C})$	7.9	10.9	13.4	18.6	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	10.3	8.4
Qaux (KWh)	60	41	34	12	1	-25	-38	-50	-20	18	45	57
ti $(^{\circ}\text{C})$	18.0	18.5	19.1	20.7	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.1	18.0

To : 월 평균 외기온도

LL : K 온도자에 의한 일일 열순실 (Form A7에서 계산)

Tnh : 난방을 하지 않았을때의 온도 (Form C에서 계산)

Qaux : 월간보조난방부하 (Form C에서 계산)

## 1.2 ROLL SHADE

2. 태양열과 내부열 흐름을 고려하지 않은 난방부하 계산(Qng)

A1) 외벽과 지붕을 통한 열손실

벽체	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
east wall	0.40	0.40	3.33	1.33	1.33
north wall	0.40	0.40	1.93	0.77	0.77
ceiling	0.39	0.39	2.09	0.82	0.82
floor	0.40	0.40	2.09	0.84	0.84
south mass wall	2.13	1.23	1.66	3.53	2.05
TOTALS			11.10	7.29	5.81

Heat Loss = U-value \* area

A2) 유리창을 통한 열손실

유리창	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
south window	3.23	3.23	0.10	0.32	0.32
TOTALS			0.10	0.32	0.32

Heat loss = U-value \* area

A5). 냄새바람에 의한 열손실

> 총 외기 도입량 (qt) : 1.10 (W/K)

	(m <sup>3</sup> /h)		Re(W/K)	Rb(W/K)
외부교환기	qe= 0.00	Re= 0.00	0.00	
Open Loop	qsw	Bsw		Rsw(W/K)
집열방식	0.00	0.00		0.00
TOTALS			0.00	0.00

공기중에서 열교환기에 의한 감소 : Re=0.34xqexRe 0.00

완충공간을 통한 외기 도입으로 인한 감소 .

개방루우프형(Open Loop) 공기 집열방식을 통한 감소

: Rsw=0.34xqswxRsw 0.00

전체환기 열손실의 감소 (W/K) : Rt=Re+Rb+Rsw 0.00

환기애의한 순열손실 (W/K) : 0.34xqt-Rt 0.37

A6) 열손실의 합계

	면적/길이 m <sup>2</sup> /length	주간 열손실		야간 열손실	
		W/K	%	W/K	%
A1   외벽과지붕을 통한 열손실	11.10	7.29	91.3	5.81	89.3
A2   외부창을 통한 열손실	0.10	0.32	4.0	0.32	5.0
완충공간을 통한 선재 열손실	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0
합계 A1+A2+A3+A4		7.62	95.3	6.13	94.3
A5   품세바람에 의한 열손실	0.37	4.7	0.37	5.7	
A6   열손실 합계	7.99	100.0	6.51	100.0	

A7) 월간 난방부하

Climate of: seoul

주간 열손실 = 7.99 W/K

야간 열손실 = 6.51 W/K

실내기준온도(Thermostat set temperature) : Tt = 18.0 °C

난방공간의 채적 : Vh = 3.66 m<sup>3</sup>

월별 일수	월평균외기온 (°C)	월간난방도일 DDm(K.days)	일조시간 (hr)	1일 열손실 kWh/K.day	월간난방부하 Qng(kWh/month)
1월   31   -2.1   623   9.9   0.17   106.5					
2월   28   -1.5   546   10.7   0.17   94.0					
3월   31   4.3   425   12.0   0.17   73.9					
4월   30   11.3   201   13.0   0.18   35.3					
5월   0   17.9   0   14.2   0.18   0.0					
6월   0   22.3   0   14.7   0.18   0.0					
7월   0   24.4   0   14.4   0.18   0.0					
8월   0   26.4   0   13.6   0.18   0.0					
9월   0   21.4   0   12.4   0.17   0.0					
10월   0   15.0   0   11.2   0.17   0.0					
11월   30   5.5   375   10.1   0.17   64.2					
12월   31   0.1   555   9.6   0.17   94.6					
합계   181   2725       468.4					

DDm = (Tt-To)\*N

LL = (H\*daytime heat loss+(24-H)\*night time heat loss)/1000

Qng = LL\*DDm

G = Qngtot / (0.024 \* Vh \* DDa) = 1.96 (W/m<sup>3</sup>.K)

3. 자연형태양열시스템에 의하여 취득한 일사량의 계산  
 B1) 직접적 방식에 의한 태양열 획득( $\dot{\phi}_{dg}$ )

유리 창 south window	방향 south	각도 90 (°C)	유리 D.G.	면적 $A = 0.27$	G/W 면적비 $m = 0.37$												$C_c$ 0.10	$C_f$ 1.00
					1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
E (kWh/m² .day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89						
Sf	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	
$\dot{\phi}_{dg}$ (kWh/day)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02		
TOTAL $\dot{\phi}_{dg}$	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02			

$$\dot{\phi}_{dg} = E * A * m * C_c * S_f * C_f$$

Cc : 창의 유효 일사 관류율(망창이 없을 때 Cc=1, 보통 Cc=0.93)  
 Sf : 창의 차폐율  
 Cf : 바닥의 단열정도에 따른 태양열 손실계수

B6) 측열벽을 통한 태양열 획득( $\dot{\phi}_{mw}$ )

벽재	방향	각도	유리	벽면적	$\alpha = 0.80$	$m = 0.89$	Rext = day, night											
							south	90 °C	D.G.	1.66	U = day, night	2.13	1.23	0.33	0.67			
E (kWh/m² .day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89						
Sf	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
F (kWh/day)	2.69	3.34	2.46	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	2.23				
$\dot{\phi}_{mw}$ (kWh/day)	1.99	2.47	1.82	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	1.65				
TOTAL $\dot{\phi}_{mw}$	1.99	2.47	1.82	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	1.65				

$$F = E * S_f * A * m * \alpha$$

$$\dot{\phi}_{mw} = F * U * Rext$$

IF night insulation.  $\dot{\phi}_{mw} = F * ((0.7 * U_{day} * Rext\ day) + (0.3 * U_{night} * Rext\ night))$

Uday and Unight are read from Form A1

$Rext = 0.08 + R_g + R_a + (R_{night} \text{ insul.})$

selective coating :  $R_a = 0.40 \text{ m}^2 .\text{k/W}$        $R_g = 0.$  for single glazing

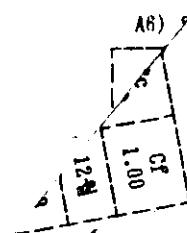
non-selective coating :  $R_a = 0.18 \text{ m}^2 .\text{k/W}$        $R_g = 0.11$  for double glazing

B7) 모든 태양열획득에 대한 총계(총력)( $\Sigma \dot{\phi}_{solar}$ )

TYPE	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
	월별일수	31	28	31	30	0	0	0	0	0	30	31	181
$\dot{\phi}_{dg}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
$\dot{\phi}_{mw}$	2.0	2.5	1.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	311
TOTAL	2.0	2.5	1.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	314

12

The yearly totals in kWB are  $\dot{\phi}_{yearly} = \sum_{i=1}^{12} \dot{\phi}_{ixNi}$



방부하 계산

Climate of : seoul

: Tt = 18 °C

	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
0	0	0	0	0	0	30	31	181
.3	24.4	26.4	21.4	15.0	5.5	0.1		
..2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	31
$\Sigma \phi_{sol}$	2.0	2.5	1.8	1.5	0.0	0.0	0.0	314
Tnh	9.7	13.0	14.9	19.7	17.9	22.3	24.4	
Q	1.0	0.9	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	1.0
Qi	0	0	0	0	0	0	0	0
Qdg	1	1	0	0	0	0	0	3
Qmw	62	60	46	25	0	0	0	271
Qng	106	94	74	35	0	0	0	468
$\Sigma Q$	62	61	47	25	0	0	0	274
Qaux	44	33	27	10	0	0	0	194

To ( °C) : Average outdoor temp

LL (kWh/K.day) : Daily heat loss

$\Sigma \phi_{sol}$  (kWh/day) : Sum of solar gains

Qdg (kWh) = B \*  $\phi_{dg} * N$

Qng (kWh) : Heating load without gains

Qaux (kWh) : Auxiliary heating load

$Tnh = To + (\phi_i + \Sigma \phi_{sol}) / LL$

X = Tt - Tnh

B = F(X)

Tnh ( °C) : Temp without heating

B : Utilization factor

Qi (kWh) = B \*  $\phi_i * N$

Qs (kWh) = B \*  $\phi_s * N$

$\Sigma Q$  (kWh) : Useful gains

$\Sigma Q = B * (\Sigma \phi_{sol} + \phi_i) * N$

Qaux = Qng -  $\Sigma Q$

B = (Qauxtot \* G) / Qngtot = 0.81 W/m<sup>2</sup>K

G : 획득없는 연간 난방부하계수  
(Form A7에서 계산)

5. 자연형 태양열시스템에서 실내평균온도 및 쾌적조건 계산

D) 월별 실내평균온도( $t_i$ ) 계산  
 $t_i = Tnh + (Qaux / (LL * N)) \quad (^{\circ}\text{C})$

DESIGNATION	1월 31	2월 28	3월 31	4월 30	5월 31	6월 30	7월 31	8월 31	9월 30	10월 31	11월 30	12월 31
To $(^{\circ}\text{C})$	-2.1	-1.5	4.3	11.3	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	5.5	0.1
LL (KWh/k.day)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tnh $(^{\circ}\text{C})$	9.7	13.0	14.9	19.7	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	11.1	9.9
Qaux (KWh)	44	32	27	10	1	-23	-35	-46	-18	16	38	43
Ti $(^{\circ}\text{C})$	18.0	19.6	19.8	21.7	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.2	18.0

To : 월평균 외기온도

LL : K 온도차에 의한 일일 업승실 (Form A7에서 계산)

Tnh : 난방을 하지 않았을때의 온도 (Form C에서 계산)

Qaux : 월간보조난방부하 (Form C에서 계산)

### 1.3 SLIDING SHUTTER

2. 태양열과 내부열 확득을 고려하지 않은 난방부하 계산(Qng)

A1) 외벽과 지붕을 통한 열손실

벽체	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
east wall	0.40	0.40	3.33	1.33	1.33
north wall	0.40	0.40	1.93	0.77	0.77
ceiling	0.39	0.39	2.09	0.82	0.82
floor	0.40	0.40	2.09	0.84	0.84
south mass wall	2.13	0.92	1.66	3.53	1.52
TOTALS			11.10	7.29	5.29

Heat Loss = U-value \* area

A2) 유리창을 통한 열손실

유리창	U(주간) W/m <sup>2</sup> .K	U(야간) W/m <sup>2</sup> .K	면적 m <sup>2</sup>	주간열손실 W/K	야간열손실 W/K
south window	3.23	3.23	0.10	0.32	0.32
TOTALS			0.10	0.32	0.32

Heat loss = U-value \* area

A5) 품새바람에 의한 열손실

> 총 외기 도입량 (qt) : 1.10 (W/K)

	(m <sup>3</sup> /h)		Re(W/K)	Rb(W/K)
외부교환기	qe= 0.00	Be= 0.00	0.00	
Open Loop	qsw	Esw		Rsw(W/K)
집열방식	0.00	0.00		0.00
TOTALS			0.00	0.00

공기중에서 열교환기에 의한 감소 :  $Re=0.34 \times qex \times Be$  0.00

완충공간을 통한 외기 도입으로 인한 감소 :

개방투우프형(Open Loop) 공기 집열방식을 통한 감소

:  $Rsw=0.34 \times qsw \times Esw$  0.00

전체환기 열손실의 감소 (W/K) :  $Rt=Re+Rb+Rsw$  0.00

환기에의한 순열손실 (W/K) :  $0.34 \times qt - Rt$  0.37

A6) 열손실의 합계

	면적/길이 m <sup>2</sup> /length	주간 열손실		야간 열손실	
		W/K	%	W/K	%
A1 외벽과 지붕을 통한 열손실	11.10	7.29	91.3	5.29	88.4
A2 외부창을 통한 열손실	0.10	0.32	4.0	0.32	5.4
원층공간을 통한 전체 열손실	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
합계 A1+A2+A3+A4	7.62	95.3	5.81	93.7	
A5 풍세바람에 의한 열손실	0.37	4.7	0.37	6.3	
A6 열손실 합계	7.99	100.0	5.98	100.0	

A7) 월간 난방부하

Climate of: seoul

$$\text{주간 열손실} = 7.99 \text{ W/K}$$

$$\text{야간 열손실} = 5.98 \text{ W/K}$$

설내기준온도(Thermostat set temperature) : Tt = 18.0 °C

난방공간의 계적 : Vh = 3.66 m<sup>3</sup>

월별 일수	월평균외기온 (°C)	월간난방도일 DDm(K.days)	일조시간 (hr)	1일 열손실 kWh/K.day	월간난방부하 Qng(kWh/month)
1월 31	-2.1	623	9.9	0.16	101.8
2월 28	-1.5	546	10.7	0.17	90.1
3월 31	4.3	425	12.0	0.17	71.2
4월 30	11.3	201	13.0	0.17	34.1
5월 0	17.9	0	14.2	0.17	0.0
6월 0	22.3	0	14.7	0.17	0.0
7월 0	24.4	0	14.4	0.17	0.0
8월 0	26.4	0	13.6	0.17	0.0
9월 0	21.4	0	12.4	0.17	0.0
10월 0	15.0	0	11.2	0.17	0.0
11월 30	5.5	375	10.1	0.16	61.5
12월 31	0.1	555	9.8	0.16	90.4
합계 181		2725			449.1

$$DDm = (Tt-To)*N$$

$$LL = (H*\text{daytime heat loss} + (24-H)*\text{night time heat loss})/1000$$

$$Qng = LL*DDm$$

$$G = Qngtot / (0.024 \times Vh \times DDa) = 1.88 (\text{W/m}^3\text{.K})$$

3. 자연형태양열시스템에 의하여 취득한 일사량의 계산

B1) 직접특득방식에 의한 태양열 획득( $\dot{\Phi}_{dg}$ )

유리창 south window	방향 south	각도 90 ( $^{\circ}\text{C}$ )	유리 D.G.	면적 A= 0.27	G/W 면적비		Cc 0.10	Cf 1.00				
					1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월
E (kWh/m <sup>2</sup> . day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89
Sf	0.89	0.89	0.89	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89
$\dot{\Phi}_{dg}$ (kWh/day)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
TOTAL $\dot{\Phi}_{dg}$	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

$$\dot{\Phi}_{dg} = E * A * m * Cc * Sf * Cf \quad Cc : \text{망창의 유효 일사 관류율(망창이 없을 때 } Cc=1, \text{ 보통 } Cc=0.93)$$

Sf : 창의 차폐율

Cf : 바닥의 단열정도에 따른 태양열 손실계수

B6) 측열벽을 통한 태양열 획득( $\dot{\Phi}_{mw}$ )

벽체 south mass wall	방향 south	각도 90 °C	유리 D.G.	벽면적 1.66	$\alpha = 0.80$		m= 0.89					
					U= day , night	Rext= day , night						
E (kWh/m <sup>2</sup> . day)	2.28	2.83	2.08	1.67	1.19	0.90	0.51	1.18	1.63	1.92	1.09	1.89
Sf	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
F (kWh/day)	2.69	3.34	2.46	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	2.23
$\dot{\Phi}_{mw}$ (kWh/day)	2.03	2.52	1.85	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.68
TOTAL $\dot{\Phi}_{mw}$	2.03	2.52	1.85	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	1.68

$$F = E * Sf * A * m * \alpha$$

$$\dot{\Phi}_{mw} = F * U * Rext$$

$$\text{IF night insulation. } \dot{\Phi}_{mw} = F * ((0.7 * U_{day} * Rext \text{ day}) + (0.3 * U_{night} * Rext \text{ night}))$$

Uday and Unight are read from Form A1

$$Rext = 0.06 + Rg + Ra + (R_{night} \text{ insul.})$$

Selective coating : Ra = 0.40 m<sup>2</sup> . K/W      Rg = 0.      for single glazing

non-selective coating : Ra = 0.16 m<sup>2</sup> . K/W      Rg = 0.11 for double glazing

B7) 모든 태양열획득에 대한 총계(출력)( $\sum \dot{\Phi}_{solar}$ )

TYPE	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
월별일수	31	28	31	30	0	0	0	0	0	0	30	31	181
$\dot{\Phi}_{dg}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
$\dot{\Phi}_{mw}$	2.0	2.5	1.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	317
TOTAL	2.0	2.5	1.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	320

$$\text{The yearly totals in kWb are } \dot{\Phi}_{yearly} = \sum_{i=1}^{12} \dot{\Phi}_{ixMi}$$

4. 유용한 태양열과 내부열획득 및 보조난방부하 계산

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	Total
월별일수	31	28	31	30	0	0	0	0	0	0	30	31	181
To	-2.1	-1.5	4.3	11.3	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	5.5	0.1	
LL	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	30
$\Sigma \dot{\phi}_{sol}$	2.0	2.5	1.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.7	320
Tnh	10.4	13.9	15.4	20.1	17.9	22.3	24.4	26.4	21.4	15.0	11.5	10.5	
E	1.0	0.9	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	
Qi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qdg	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Qmw	63	61	46	24	0	0	0	0	0	0	28	51	272
Qng	102	90	71	34	0	0	0	0	0	0	61	90	449
$\Sigma Q$	64	61	47	24	0	0	0	0	0	0	28	51	275
Qaux	38	29	24	10	0	0	0	0	0	0	34	39	174

To ( $^{\circ}C$ ) : Average outdoor temp      Tnh ( $^{\circ}C$ ): Temp without heating  
 LL (kWh/R.day) : Daily heat loss      E : Utilization factor  
 $\Sigma \dot{\phi}_{sol}$  (kWh/day) : Sum of solar gains      Qi (kWh) = E \*  $\dot{\phi}_i * N$   
 Qdg (kWh) = E \*  $\dot{\phi}_{dg} * N$       Qs (kWh) = E \*  $\dot{\phi}_s * N$   
 Qng (kWh) : Heating load without gains       $\Sigma Q$  (kWh): Useful gains  
 Qaux (kWh) : Auxiliary heating load       $\Sigma Q = E * (\Sigma \dot{\phi}_{sol} + \dot{\phi}_i) * N$   
 $Tnh = To + (\dot{\phi}_i + \Sigma \dot{\phi}_{sol}) / LL$        $Qaux = Qng - \Sigma Q$   
 $X = Tt - Tnh$        $E = (Qauxtot * G) / Qngtot = 0.73 \text{ W/m}^2 \cdot K$   
 $G$  : 꼭두없는 연간 난방부하계수  
 (Form A7에서 계산)

5. 자연형 태양열시스템에서 실내평균온도 및 계적조건 계산

'D> 월별 실내평균온도(ti) 계산

$$ti = Tnh + (Qaux / (LL * N)) \quad (^{\circ}\text{C})$$

DESIGNATION	1월 31	2월 28	3월 31	4월 30	5월 31	6월 30	7월 31	8월 31	9월 30	10월 31	11월 30	12월 31
To $(^{\circ}\text{C})$	-2.1	-1.5	4.3	11.3	17.9	22.3	24.4	28.4	21.4	15.0	5.5	0.1
LL (kWh/k.day)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tnh $(^{\circ}\text{C})$	10.4	13.9	15.4	20.1	17.9	22.3	24.4	28.4	21.4	15.0	11.5	10.5
Qaux (kWh)	40	29	24	10	1	-22	-34	-45	-17	15	34	39
ti $(^{\circ}\text{C})$	18.3	20.2	20.1	22.2	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.3	18.2

To : 월평균 외기온도

LL : 월온도차에 의한 일일 열손실 (Form A7에서 계산)

Tnh : 난방을 하지 않았을때의 온도 (Form C에서 계산)

Qaux : 월간보조난방부하 (Form C에서 계산)

## ABSTRACT

### An Experimental Study on the Thermal Performance of the Night Insulation in Passive Solar Thermal Storage Wall System

Park, Jin-Chul  
Dept. of Architectural Engineering  
The Graduate School  
In Chung-Ang University

In passive solar system solar radiation enters through large windows and is stored in the thermal mass to be re-radiated during the night or cloudy day. However, the windows are poor thermal insulators, and much of the winter heat gained through them during the day is lost on cold nights and very cloudy days unless adequate measures are taken to keep this heat inside. Without night insulation the thermal performance of the system becomes worse and therefore it is difficult to expect sufficient energy saving. Also, the thermal environment of the space may deteriorates due to the significant indoor temperature swing.

An experimental model of the thermal storage wall system was made and was tested thermal performance of the model with and without night insulations. At the same time computer programs using "TTC" method and "Method 5000" were developed for the simulation of the thermal performance of passive solar system.

The results of this study are as follows:

- 1) In the thermal storage wall system, the Sliding Shutter used as an external night insulation raised the indoor air temperature by about  $3^{\circ}\text{C}$  consistently during the day and night.
- 2) The Roll Shade use as an internal night insulation increased the average indoor temperature by  $1.8^{\circ}\text{C}$  and softens the diurnal temperature swing by  $1.1^{\circ}\text{C}$ .
- 3) The result of the experiment was found to be very consistent with that of the computer simulation by "TTC" program. Therefore, it is proved that the computer simulation of the indoor temperature of the passive solar system by "TTC" program is possible and reliable.
- 4) The result of the heating load calculation by "Method 5000" program showed that the system with Sliding Shutter, an external night insulation, would reduce the energy consumption by 30.7% and the system with Roll Shade, an internal night insulation, by 22.7%.

Overall, the conclusion can be made that the night insulation in the passive solar thermal storage wall system not only increases the average indoor air temperature considerably but also softnes the magnitude of temperature swing. Therefore, it is essential to install the night insulation devices in this climate to improve the thermal performance of passive solar system.