

# 스케일 모델을 이용한 트롬벽 시스템의 熱性能 分析에 關한 研究

A Study on the Performance Analysis of Trombe Wall System Using Scale Models

○ 田 在 鎭\* 黃 靈 夏\*\* 李 彦 求\*\*\* 李 明 浩\*\*\*\*  
Jun, Jae Ho Hwang, Jung Ha Rhee, Eon Ku Lee, Myung Ho

## ABSTRACT

This study aims to provide fundamental design data to be used for the optimum trombe wall system design. The study analyzes the thermal performance of trombe wall system under various conditions using scale models, and compares the results with those presented from foreign experiences. The conclusions of the study are summarized as follows.

1. The thermal performance of 1% vented trombe wall system is better than that of 2% system.
2. The thermal performance of 1.0B trombe wall system is better than that of 0.5B system.
3. The thermal performance of unvented trombe wall system is better than that of vented system.
4. The suggested regression equations can predict 80% of total variances in the thermal performance of trombe wall system.

## 1. 序 論

### 1-1. 研究의 目的

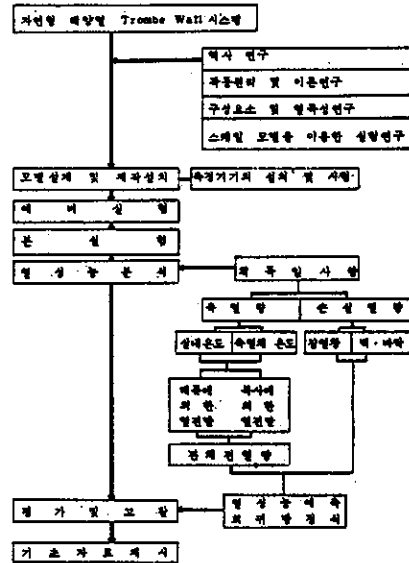
소규모의 스케일 모델을 사용하여 自然型 太陽熱 시스템 중 우리나라 지역에 적합하다고 판단되어지는 蓄熱壁式 시스템 가운데 트롬벽 方式 (Trombe Wall System)의 性能을 다양한 조건하에서 변화시키며 分析하고, 또한 通氣口가 없는 트롬벽 시스템 原理 및 性能을 比較·分析하여 우리나라의 氣候 條件에 適정한 트롬벽 시스템 설계를 위한 기초 자료로 제시하는 것을 目的으로 한다.

### 1-2. 研究의 範圍 및 方法

本 實驗에서는 실제로 마이크로 컴퓨터를 사용하여 實驗 Data 들 수집 정리한 후 多重回歸分析 方法 (Multiple Regression Analysis Method)을 통한 통계 기법을 사용하여 Data를 分析하기로 한다. 즉, 정리된 Data는 SPSS (Statistic Package for Social Science) 컴퓨터 프로그램을 利用하여 IBM-PC로 分析하고 分析된 資料를 통해 스케일 모델의 熱性能에 변수가 되는 여러 構成 要素의 변화에 의한 物理的 變수를 比較 評價한 후, 적용된 시스템의 内部 溫度 變化를 변수로서 설명할 수 있는 回歸 方程式 (Regression Equation)을 만들어 시스템의 熱性能 豫測의 方法으로 제시하고자 한다.

本 研究의 綜合的인 흐름도는 <그림-1>과 같다.

## 2. 스케일 모델 設計 및 實驗 方法



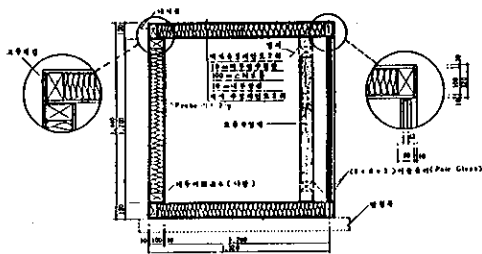
<그림-1> 研究 흐름도

室 内部 容積 1.728 m<sup>3</sup> (1.2 m × 1.2 m × 1.2 m) 크기의 스케일 모델로 製作하였으며, 이는 一般的인 住宅 寢室 크기에 비하여 길이대비로 약 1/3~1/4 정도의 크기에 해당된다.

스케일 모델의 南面은 二重유리 (Pair Glass) 로 하고 나머지 다섯면은 두께 10 cm의 스티로폼 (R=2.86 m<sup>2</sup>·h·°C/kcal)로 斷熱 施工하여 外部와의 熱交換을 最少로 하였다.

製作된 스케일 모델의 斷面 및 細部 材料는 <그림-2>와 같다.

\* 正會員, 中央大 大學院 \*\* 正會員, 中央大 大學院, 博士課程 \*\*\* 正會員, 中央大 副教授, 工博  
\*\*\*\* 正會員, 中央大 教授, 工博



<그림-2> 스케일 모델 斷面 및 部分 詳細圖

제작된 모델은 서울 동작구 흑석동 C大學 工科大學 建物 옥상층에 백업상과 함께 수평으로 正南向 위치시켰으며 각각의 모델과 백업상 内部 中央에 열전대 (Thermo Couple)를 장치하여 20分 간격으로 마이크로 컴퓨터 (Micro Computer)에 연결된 데이터 로거 (Data Logger)를 利用하여 測定 資料를 기록하였고 日射量은 日射計 (Actinograph)를 利用하여 수평면 日射量 ( $S_H$ )을 測定하여 남쪽 垂直面에 대한 수직 獲得 日射量 ( $S$ )으로 환산하였다

實驗期間은 아래와 같다

豫備實驗: 85.11.1 ~ 85.11.26

本實驗: 85.12.1 ~ 86.3.10

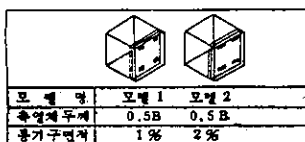
每日 16:00 ~ 다음날 09:00 까지 南面 集熱窓에 50 mm의 스티로폴 ( $\rho = 0.25$ )로 제작된 夜間 斷熱材를 부착하여 夜間에 유리를 통한 貫流 熱損失을 줄여 熱性能을 높이고자 하였다

### 3. 實驗結果 및 考察

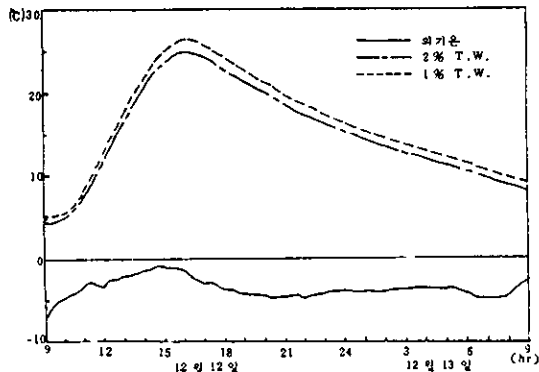
#### 1) 通氣口의 面積變化에 따른 實驗 (A)

<그림-3>에서 볼 수 있듯이 트롬벽 시스템의 通氣口 面積의 變化에 따른 熱性能을 分析하기 위하여 蓄熱壁 面積에 대한 面積比를 1%와 2%로 하여 實驗 하였으며 이때의 面積比는 上部 혹은 下部만의 面積을 말하며 이때 蓄熱壁의 두께는 0.5B(10cm)로 하였다

實驗結果 通氣口 面積이 작은 모델 (모델 1:1%)이 큰 모델 (모델 2:2%)보다 平均 溫度가 높으며 또한 24時間 週期 溫度變化 그래프에서는 一定한 時間差 (Time-Lag)를 유지하며 모델 内部 溫度가 상승함을 <그림-4>에서 볼 수 있다



<그림-3> 通氣口의 面積 變化에 따른 모델

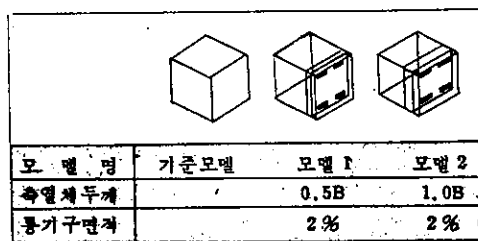


<그림-4> 通氣口의 面積 變化에 따른 溫度 그래프

#### 2) 蓄熱壁의 두께 變化에 따른 實驗 (B)

<그림-5>와 같이 蓄熱壁 두께 變化에 따른 熱性能을 分析하기 위하여 蓄熱壁의 두께를 0.5B(10cm)와 1.0B(20cm)로 變化시켜 어느 시스템도 적용치 않은 基準 모델 (Control Model)과 比較 實驗하였다

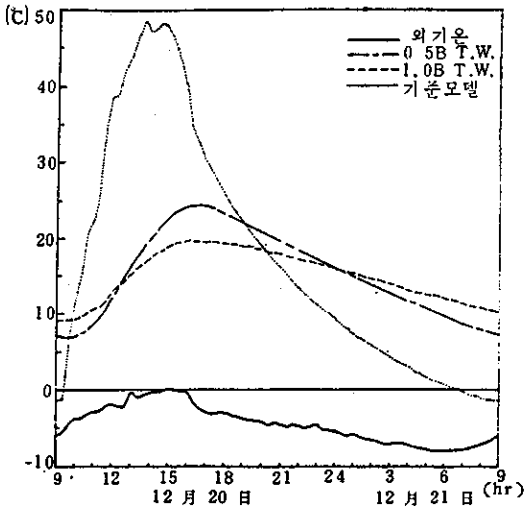
이때 트롬벽의 通氣口는 蓄熱壁 面積의 2%로 하였다. 24時間 週期 溫度 그래프에서 1.0B 두께의 모델 (모델 2)이 0.5B 두께의 모델 (모델 1)에 비하여 1日 内部 平均 溫度는 약간 낮았는데 이는 낮에 0.5B 모델 (모델 1)에서 일시적 과열현상이 발생하기 때문 이므로 基準 모델은 日射 受熱을 위해 夜間 斷熱材가 제거된 직후는 内部 溫度가 급격히 上昇되고 受熱量의 最高點을 정점으로 낮아지지만 日射 受熱量이 적어지는 午後에 熱損失을 억제하기 위하여 부착되는 夜間斷熱材로 인하여 그 下降幅은 上昇曲線에 비해 완만함을 <그림-6>에서 볼 수 있다



<그림-5> 蓄熱壁의 두께 變化에 따른 모델

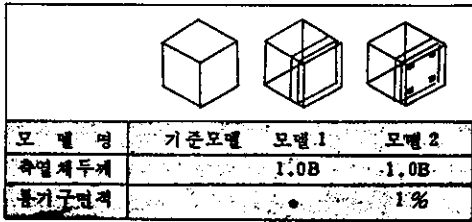
#### 3) 通氣口의 有·無에 따른 實驗 (C)

<그림-7>과 같이 通氣口가 있는 트롬벽과 通氣口가 없는 트롬벽 시스템의 熱性能을 分析하기 위하여 蓄熱壁 두께를 1.0B로 同一하게 한후 모델 1개소에는 通氣口를 설치하지 않고 다른 1개소에는 通氣口를

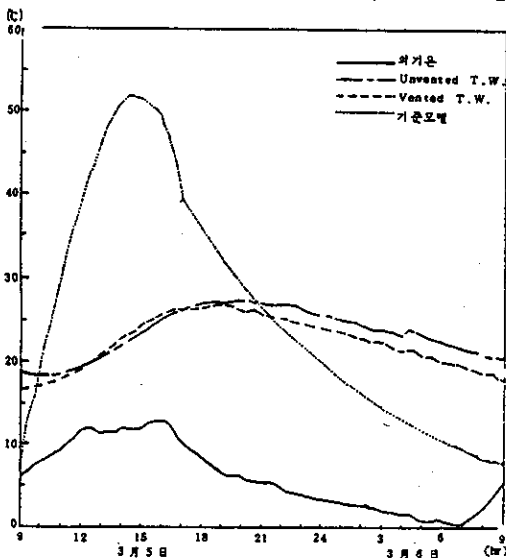


<그림-6>蓄熱벽의 두께 변화에 따른 온도 그래프

蓄熱壁面積의 1%로 설치하여 基準 모델과 比較 實驗 하였다.



<그림-7> 通氣口の 有·無에 따른 모델



<그림-8> 通氣口の 有·無에 따른 온도 그래프

<그림-8>에서 알수있듯이 通氣口가 없는 트롬벽 시스템 (모델 1)이 蓄熱壁 面積比의 1%로 通氣口가 설치된 트롬벽 시스템 (모델 2)에 비하여 室內平均 溫度가 높고 1日 內部 溫度 變化幅도 다소 적어 熱性能 側面에서 보다 유리하여 24時間 사용되는 空間에서는 이 방식이 더욱 효율적이라 할 수 있겠으나 트롬벽 시스템에서 通氣口의 역할로 낮의 一定 시간 동안에는 通氣口가 없는 트롬벽 시스템보다 內部 溫度가 다소 높은 상태를 유지하므로 이러한 性能을 적절히 利用하면 큰 熱的 利得을 얻을 수 있을 것이다.

#### 4. 熱性能 分析

##### 1) 熱性能 豫測 方法

트롬벽 시스템의 性能은 蓄熱壁을 除外한 構造物의 斷熱性能, 集熱窓의 種類 및 두께와 크기, 시스템의 向 및 기울기, 蓄熱壁의 材料 및 吸收率, 地面의 反射率, 遮陽 및 反射板, 夜間 斷熱材의 種類 및 사용시간, 外氣溫, 日射量 등의 要素들에 의하여 영향을 받는다. 그러나 本 研究에 사용된 스케일 모델은 外氣溫과 日射量을 除外한 위의 다른 모든 要素들은 거의 一定하며 시스템의 性能變化, 즉 溫度 變化는 時間에 따라 變化하는 外氣溫과 日射量으로 설명 할 수 있다.

##### 2) 實驗의 統計的 分析

###### ④ 實驗의 分析

外氣溫 및 日射量에 대한 內部 溫度와의 相關關係 매트릭스 (Correlation Matrix)를 SPSS컴퓨터프로그램을 利用하여 구한 후 分析하여 보면 實驗A에서 蓄熱壁 面積에 대한 通氣口 面積比의 差에 關係없이 트롬벽 시스템의 內部 溫度는 2시간 전의 外氣溫 및 5시간 전의 1시간 동안의 水平面 日射量과의 相關關係가 두드러져 外氣溫은 蓄熱壁을 통하여 약 2시간 후에 그리고 日射量의 蓄熱 效果는 약 5시간후 시스템 內部 溫度 變化에 影響을 미침을 알 수 있다.

實驗 (B)도 마찬가지로 蓄熱壁 두께의 차이에 關係 없이 2시간 전의 外氣溫 및 5시간 전의 1시간 동안의 水平面 日射量에 의하여 相關關係가 두드러진다. 그러나 基準 모델 (Control Model)에서는 瞬間 外氣溫과 3시간전 1시간 동안의 水平面 日射量이 모델 內部 溫度에 큰 영향을 미친다.

###### ⑥ 多重 回歸 方程式 (Multiple Regression Equation)

本 研究에서는 內部 溫度에 가장 큰 영향을 미치는 2시간 전의 外氣溫과 5시간전 1시간동안의 日射量만을 獨立 變數로 택하여 SPSS (Statistic Package for Social Science) 컴퓨터프로그램을 利用하여 다음과 같은 回歸 方程式을 구성하였다.

• 通氣口 2%

$$Y = 0.01565 X_1 + 1.47729 X_2 + 19.6815$$

$$(R^2 = 0.80767)$$

• 通氣口 1%

$$Y = 0.01636 X_1 + 1.52523 X_2 + 20.88978$$

$$(R^2 = 0.81301)$$

• 蓄熱壁 두께 0.5 B

$$Y = 0.004406 X_1 + 1.69821 X_2 + 22.64693$$

$$(R^2 = 0.87297)$$

• 蓄熱壁의 두께 1.0 B

$$Y = 0.000381 X_1 + 1.07819 X_2 + 19.80107$$

$$(R^2 = 0.81972)$$

Y: 모델 内部溫度  
 $X_1$ : 5 시간전 1 시간 동안의 水平面 日射量  
 $X_2$ : 2 시간전의 外氣溫

여기서  $R^2$ 의 수치는 決定 係數 (Determination Coefficient)로서 각 回歸 方程式이 전체 變量 (Variance) 중 차지하는 比率을 말한다. 위式에서는 모두 전체 變量의 80% 이상을 설명해 주며 나머지는 이式에 包含되지 않은 다른 要素들의 영향을 받는다.

## 5. 結 論

本 研究은 우리나라의 氣候 條件에 적합하다고 생각 되는 트롬벽 시스템의 基礎的 實驗을 통한 熱性能 評價 및 分析을 遂行하여 다음과 같은 結論을 誘導할 수 있었다.

① 通氣口가 있는 트롬벽 시스템에서 通氣口가 작을 수록 즉, 2%일때 보다 1%일 경우 1日 内部 平均溫度가 비교적 높으므로 熱性能이 우수하다고 할 수 있다.

② 트롬벽 시스템에서 蓄熱壁의 두께를 1.0B로 할 경우 0.5B로 할때 보다 溫度 變化幅이 작으며 낮에는 内部 溫度가 낮고 밤에는 낮아 效率的인 利用이 可能하며 熱性能이 우수하다.

③ 通氣口가 없는 트롬벽 시스템이 通氣口가 있는 트롬벽 시스템보다 溫度 變化幅이 작고 平均溫度가 높아 熱性能이 좋다. 通氣口가 있는 트롬벽 시스템은 通氣口가 作用하는 낮의 一定時間外에는 항상 通氣口가 없는 트롬벽 시스템보다 内部 溫度가 낮으므로 24시간 사용되는 空間에서는 通氣口가 없는 트롬벽 시스템이 效率的이라 할 수 있다.

④ 本 實驗 스케일 모델에 적용된 트롬벽 시스템의 熱性能은 通氣口의 크기 및 蓄熱壁의 두께 變化에 따라 차이는 있으나 2 시간 전의 外氣溫과 5 시간전 1 시간 동안의 日射量에 가장 큰 영향을 받으며 이 2개의 變數를

獨立 變數로 하여 回歸 方程式을 구하면, 式은 모두 약 80% 이상의 變量을 說明할 수 있다.

本 研究에서 구한 性能 豫測의 方程式은 本 實驗에서와 같은 특정한 스케일 모델에서만 적용되는 것이다.

溫度의 分布가 一定하고 日射量이 하루를 통하여 正常分布된 資料를 24 시간 연속 측정하여 分析한 結果이므로 그 結果를 一般的인 氣候 條件에 擴大 적용하기에는 부족하므로 充分한 檢討가 있어야 할 것이다.

앞으로 우리나라의 氣候 및 地理的 條件에 맞는 自然型 太陽熱 시스템의 積極的인 研究 開發을 위하여서는 本 研究과 같이 스케일 모델을 利用한 實驗의 結果로 얻어진 시스템의 原理와 性能을 比較·分析하여 이를 實際 環境에 적용시키는 努力이 계속 이루어져야 할 것이며 이러한 方法論을 一般化시키기 위하여는 여러 種類의 서로 다른 資料를 수집하여 分析하여야 할 것이다.

## 參 考 文 獻

- 1) 李明浩, 「太陽熱 시스템 設計-自然型 建築設計」, 中央大 建設大學院, 1984.
- 2) 李彥求, 「自然型 太陽熱 시스템의 Trombe Wall 방식」, 中央大 工大學報 제 20 권, 1984.
- 3) Edward Mazria, 「The Passive Solar Energy Book」, Rodale Press, 1979.
- 4) F. Jäger, 「Solar Energy Application in Houses」, Pergamon Press, 1981.
- 5) John A. Duffie & William A. Beckman, 「Solar Engineering of Thermal Process」, A Wiley - International Publication, 1980.
- 6) Kenneth Lee, 「Development of a Passive Solar Simulation Technique Using Small Scale Models」, A Doctoral Dissertation University of Michigan, 1982.
- 7) Mariza J. Norusis, 「SPSS/PC<sup>+</sup> - For the IBM-PC/XT/AT」, SPSS Inc. 1985.
- 8) Douglas Balcomb, 「Passive Solar Design Handbook」, Vol I, II, Washington, DOE, 1980.
- 9) D.P. Grommer, 「Initial Experimental Tests on the Use of Small Passive Solar Test Boxes」, Solar Energy, Vol. 22, Pergamon Press, 1979.
- 10) Edward E. Anderson, 「Fundamentals of Solar Energy Conversion」, Addison-Wesley Publishing Company, 1983.