

흙벽돌 材料의 熱傳導率 測定에 關한 研究

A Study on the Measurements of the Thermal Conductivities of the Earth Block Materials.

高 在 君

Summary;

In this experiment, it was attempted to determine the thermal conductivities of earth block materials which are recently much available for farm building constructions in Korea as lower cost building materials. For this experiment, two kinds of earth block materials were sampled. One of them was pure earth and the other was cement stabilized earth with a ratio of earth to cement by volume, 20 to 1. Cylindrical sections of specimen surrounding a steel pipe(I.D. =1 inch) were used. A resistance heater in the pipe and thermometers for the measurement of radial temperature distribution were installed as shown in Fig. 1 and photograph 1. The heat which flows through the pipe and the sample was produced by passing a current through a resistance wire stretched along the pipe axis. The complete apparatus used in this experiment is schematically shown in Fig. 1.

The temperature distribution measured for each heat flow rate was plotted on a semi-logarithmic paper as shown in Fig 5. It is seen that each curve is linear except near the inside and out side surfaces and that in these regions its gradients are increased. At the inner surface it is primarily due to the con-

act resistance between the metal pipe and samples and near the outer surface it is due to the convection between the sample and its surface air. Therefore semi-logarithmic coordinates which are boundaries for linear decrease in temperature, according to $\ln \frac{r}{r_1}$

from the equation $t = t_1 - q \frac{\ln \frac{r}{r_1}}{2\pi kl}$, were selected and then the evaluation of the thermal conductivity, k , was made by using the linear portion of the curve. By solving equation 3 for k and using the coordinates of the curve at the points (a) and (b) as indicated in Fig. 5 it was obtained

$$k = \frac{q \ln \frac{r_b}{r_a}}{2\pi l(t_a - t_b)} = \frac{q \ln(r_b/r_1/r_a/r_1)}{2\pi l(t_a - t_b)}$$

the results as obtained in this experiment are summarized as follows:

1. The thermal conductivities are determined to be $0.512 \text{ kcal hr}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ for pure earth, its density and average temperature under dry condition being 1620 kg/m^3 and 72.5°C , respectively, and $0.5375 \text{ kcal hr}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ for cement stabilized earth, its density and average temperature under dry condition being $1,800 \text{ kg/m}^3$ and 72.5°C , respectively

2. It is concluded that there are little differences in their thermal conductivities between earth and cement stabilized earth

block materials at the same conditions except the small differences in densities.

3. The thermal conductivity of the pure earth block material varies linearly when its temperature is a only variable and the other factors such as density and water content are constant. Its linear regression line is defined as

$$y = 0.418 + 0.0013x$$

where y = thermal conductivity(kcal/hr m°c)

x = temperature(°c)

4. It is concluded that the thermal conductivities of the earth block materials are comparatively lower than those of other masonry building materials. Accordingly, they may be extensively used as lower cost building materials in rural areas, provided that their physical properties are improved by the addition of a favourable fibrous binder such as straw and by the admixture of a small quantity of portland cement or lime, or asphalt emulsion.

I. 緒 言

흙벽돌은 그材料가 天然的으로 豊富하고 特別 施設이 없이 그리고 自家勞働에 依하여 生産 수 있기 때문에 보다 低廉한 建築材料로서 使 될 수 있으나 그品質에 있어서 強度가 弱하고 吸 率이 크기 때문에 다른 建築材料와 같이 널리 用되지 못하고 있다. 그러나 흙벽돌은 벚짚 또 이밖에 纖維質類를 適當量으로 混入하거나, 量의 시멘트, 石灰等を 附加混用하고, 그製作 程에서는 機械的으로 壓縮力을 增大시키며, 築 할 때는 表面塗裝(mortar, 漆喰)이나 地面과의 觸을 避하는等 여러가지 技術的인 方法이 講 의되므로서 그品質이 直接間接으로 改善될 수 있

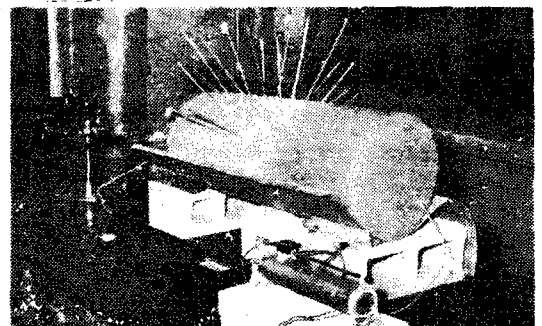
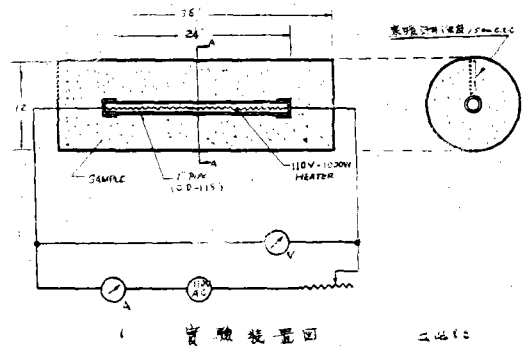
建築材料가 不足한 우리나라에서는 흙 벽돌이 策한 材料이기 때문에 特히 農村에서 農村建 築材料로서 近年에 많이 普及使用하게 되었으며 工利用研究所에서도 여러가지 配合비로 만든 벽돌의 物理的性質을 究明한 實驗을 行한 것

었다. 따라서 本實驗의 目的은 앞으로 흙벽돌이 建築材料로서 農業建築部面에 널리 使用될 때 暖房設計의 基礎資料를 주기 위하여 흙벽돌의 熱傳 導率測定을 企圖한 것이다.

II. 材料 및 方法

本實驗에 使用된 試料는 農大近郊에서 採取한 흙과 閩慶 Portland cement 로서 純흙과 흙-시멘트(配合比20:1) 흙벽돌材料이다. 熱傳導率測定 方法에는 比較法, 絕對法, 熱의 周期流에 依한 方法 등으로 大別되나 이實驗에서는 絕對法의 圓筒 試料方法에 依하여 遂行하였다. 即 供試體의 製作은 內徑12吋, 길이 3呎되는 無底圓筒거꾸집을 두꺼운 亞鉛渡鐵板으로 만들고, 內徑 1吋, 길이 2呎되는 鋼材 pipe 속에 110V-1000W 熱線을 貫 通시키고 pipe 兩端은 軸方向의 熱損失을 막기 위하여 石綿으로 密封시켰다.

거꾸집을 세워서 圓筒斷面의 中央에 pipe를 位 置시키고 물로된 반죽한 試料는 供試體가 흙벽 돌의 密度에 可及의 近似하도록 다짐대로 잘 다졌 다. 供試體는 2日후에 거꾸집을 풀고 그림(1) 또 는 寫眞에서와 같이 pipe 外側에서 1.5cm의 一定 한 間隔으로 溫度計를 半徑方向으로 挿入하여 溫 度分布를 測定하였다. 이때 보다 正確한 測定值



供試體에서 半徑方向의 溫度分布를 測定한 結果를 半徑距離比 (r/r_1)에 對하여 半對數用紙에 圖示하면 그림(5)와 같다.

實驗值에 依한 計算結果, 乾燥狀態에서 密度 16 20kg/m³, 溫度 70°C에서 純흙벽돌의 熱傳導率

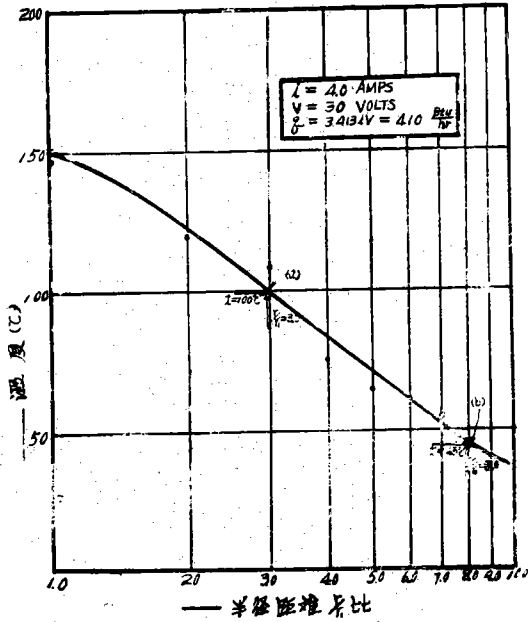


그림 (5)

은 0.512 kcal hr m⁻¹°C이고, 乾燥狀態에서 密度 1800 kg/m³ 溫度 70°C에서 시멘트配合흙벽돌의 熱傳導率은 0.5375 kcal hr m⁻¹°C 이었다. 熱傳導率의 計算은 附錄에서와 같다. 이實驗結果

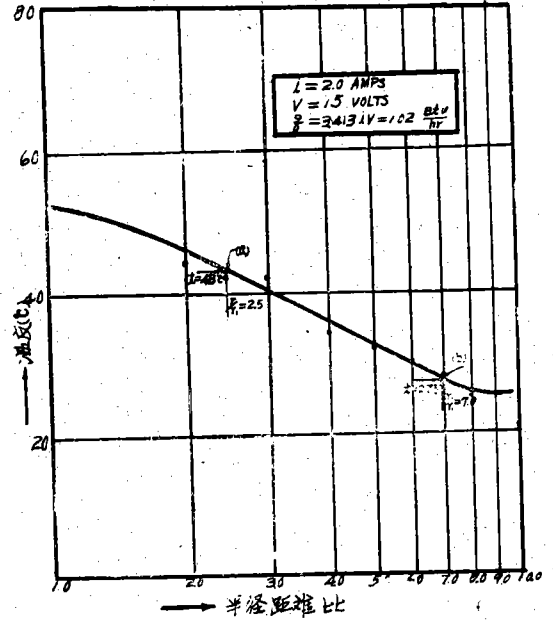


그림 (7)

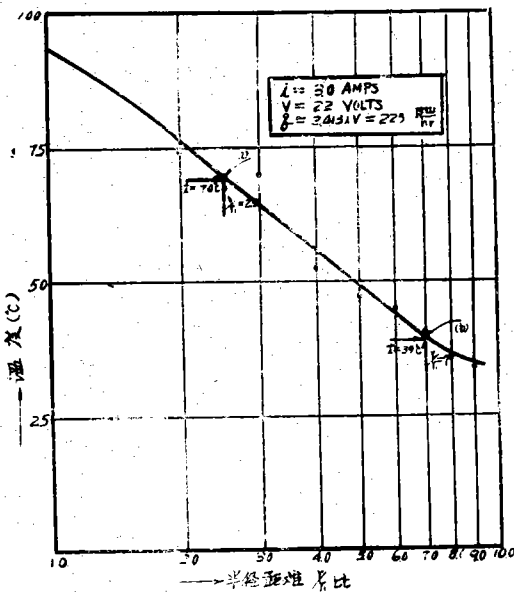


그림 (6)

에 依하면 兩者間에는 熱傳導率에 있어서 別로 큰 差異가 없으며 또한 이 흙벽돌은 다른 石工材料

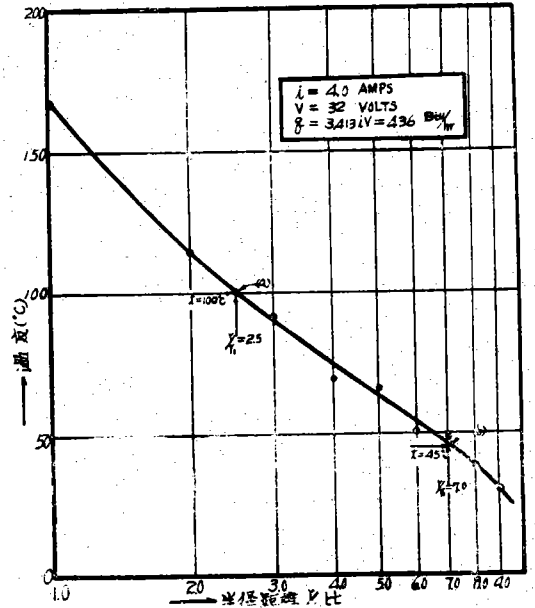


그림 (8)

와 比較할때 낮은 값을 나타내어 보다 保温性임을 알수있다. 參考로서 흙벽돌과 다른 石工材料

의 熱傳導率을 比較하면 表 2에서와 같다.

表(2) 各種材料의 熱傳導率

| 材 料 | 乾燥密度 (kg/m ³) | 乾燥溫度70°C에서 熱傳 導 率 (kcal hr m ⁻¹ °C ⁻¹) |
|-----------|------------------------------|--|
| 흙 벽 돌 | 1,620 | 0.512 |
| 흙벽돌(20:1) | 1,800 | 0.5375 |
| 콘 크 리 트 | 2,250 | 1.246 |
| 輕量콘크리트 | 1,780 | 0.69 |
| 물 탈 | 2,040 | 1.104 |
| 石 材 | 1,900 | 1.100 |
| 土 壁 | 1,710 | 0.533 |
| 漆 喰 | 1,320 | 0.543 |
| 木 材 | 330 | 0.0948 |
| 벽 돌(燒成) | 1,590 | 0.444 |

熱傳導率에 影響을 미치는 特性으로서는 主로 密度 溫度 含水率로서 本實驗에서는 密度와 含水率이 一定할때 溫度에 對한 흙벽돌의 熱傳導率의 變化를 究明하였는데 그結果는 그림(6)과 같은 直線方程式 $y=0.418+0.0013x$ 로서 높은 溫度에서는 熱傳導率도 큰값을 나타내며 이 直線方程式에 依하면 常溫(20°C)에서는 흙벽돌의 熱傳導率은 0.444 kcal. hr m⁻¹°C⁻¹가 될을 알수있다. 그리고 密度, 含水率의 變化에 對한 熱傳導率의 關係를 究明하는 것도 關心事가 될수있으나 다음

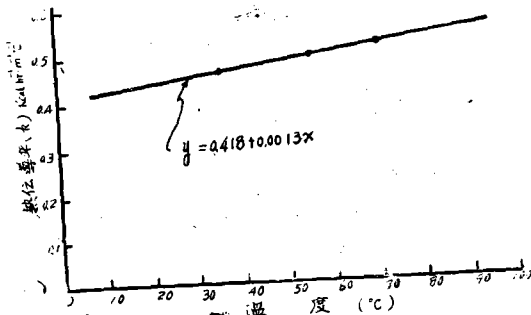


그림 (9)

機會로 미루었다. 이實驗은 thermocouple 로서 copper-constantan 을 使用하여 potentiometer(電位差計)로서 精密한 溫度測定을 試圖하였으나 如

附 錄

表(3) 溫度測定值(°C)

| 材 料 | 半徑距離比 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
|-----------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| 세멘트흙벽돌 | | 167 | 114 | 91.5 | 69.4 | 67.5 | 51 | 49 | 39 | 30 |
| 純 흙벽돌 (1) | | 146 | 118 | 108 | 75 | 65 | 62 | 55 | 44.5 | 42 |

意치 못하여 最終的으로 溫度計를 使用하게 될을 유감스럽게 생각한다.

V. 摘 要

이實驗은 흙벽돌이 建築材料로서 特히 農業建築에 널리 使用될때 暖房設計의 基礎資料가 되는 熱傳導率을 測定하는데 純흙벽돌과 흙과 세멘트의 配合比를 20:1로한 세멘트흙벽돌材料에 對하여 圓筒試驗法에 依하여 遂行하였으며 그結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 實驗에 使用된 試料는 農大近郊에서 採取한 흙으로서 比重2.62이고, 그成分은 clay=9.2% silt=24.8%, sand=66%이며, 세멘트는 閩慶 portland cement 를 使用하였다.

2. 供試體는 純흙벽돌材料와 세멘트흙벽돌材料(20:1)로서 圓筒形으로 만들었다.

3. 純흙벽돌材料에 있어서 乾燥狀態에서 密度 $P=1620 \text{ kg/m}^3$, 平均溫度 $t=70^\circ\text{C}$ 에서 熱傳導率은 $0.512 \text{ kcal hr m}^{-1}\text{°C}^{-1}$ 이었고 세멘트흙벽돌材料에서는 乾燥狀態에서 密度 $p=1800\text{kg/m}^3$, 平均溫度 $t=70^\circ\text{C}$ 에서 熱傳導率은 $0.5375 \text{ kcal hr m}^{-1}\text{°C}^{-1}$ 였다.

4. 純흙벽돌材料와 세멘트配合흙벽돌材料에서 熱傳導率에는 큰差異가 없었으며 다만 흙벽돌은 다른 石工材料에 比하여 相當히 낮은 熱傳導率을 나타냈다.

5. 순흙벽돌材料에서 乾燥狀態이며 密度가 一定할때 溫度에 對한 熱傳導率은 直線的으로 變化되었으며 그方程式은 $y=0.418+0.0013x$ 이었고 即 높은 溫度에서는 熱傳導率로 높은 값을 나타냈다.

6. 흙벽돌은 다른構築材料 即 concrete, mortar 石材料等に 比하여 優秀한 保溫性材料이므로 強度, 吸收率의 物理的性質이 製作工, 築造上으로 改善된다면 보다 低廉하고 實用的인 建築材料로서 널리 使用될수있다.

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|----|------|------|------|----|----|------|----|----|
| " | (2) | 89 | 76.5 | 70.5 | 53.5 | 49 | 45 | 41.5 | 36 | 35 |
| " | (3) | | 44 | 42 | 34 | 32 | 30 | 28.5 | 25 | 25 |

(註) (1) $q=410 \text{ Btu/hr}$, (2) $q=225 \text{ Btu/hr}$, (3) $q=102 \text{ Btu/hr}$

表(2) 熱傳導率(k)의 計算

純岩岫崙材料

(1) $q=3.413 \times i \times v = 3.413 \times 4.0 \times 30 = 410 \text{ Btu/hr}$, $r_a/r_1 = 3.0$, $r_b/r_1 = 8.0$

$t_a = 100^\circ\text{C}$, $t_b = 45^\circ\text{C}$

$t_a - t_b = 100 - 45 = 55^\circ\text{C} = 99^\circ\text{F}$

$l = 2'$

$k = \frac{410 \times \ln\left(\frac{8}{3}\right)}{2 \times 3.14 \times 2 \times 99} = 0.344 \text{ Btu/hr ft } ^\circ\text{F}$

$1 \text{ Btu hr ft } ^\circ\text{F} = 1.488 \text{ kcal hr m } ^\circ\text{C}$

$\therefore k = 0.344 \times 1.488 = 0.512 \text{ kcal hr m } ^\circ\text{C}$

(2) $q = 3.413 \times i \times v = 3.413 \times 3 \times 22 = 225 \text{ Btu/hr}$

$r_a/r_1 = 2.5$, $r_b/r_1 = 7.0$

$t_a = 70^\circ\text{C}$, $t_b = 39^\circ\text{C}$

$t_a - t_b = 70 - 39 = 31^\circ\text{C} = 55.9^\circ\text{F}$

$l = 2'$

$k = \frac{225 \ln\left(\frac{7}{2.5}\right)}{2 \times 3.14 \times 2 \times 55.9} = 0.33 \text{ Btu/hr.ft } ^\circ\text{F}$

$k = 0.33 \times 1.488 = 0.491 \text{ kcal/hr m } ^\circ\text{C}$

(3) $q = 3.413 \times i \times v = 3.413 \times 2.0 \times 15 = 102 \text{ Btu/hr}$

$r_a/r_1 = 2.5$, $r_b/r_1 = 7.0$

$t_a = 42^\circ\text{C}$, $t_b = 27^\circ\text{C}$

$t_a - t_b = 42 - 27 = 15^\circ\text{C} = 27^\circ\text{F}$

$l = 2'$

$k = \frac{102 \ln\left(\frac{7}{2.5}\right)}{2 \times 3.14 \times 2 \times 27} = 0.31 \text{ Btu/hr ft } ^\circ\text{F}$

$k = 0.31 \times 1.488 = 0.461 \text{ kcal/hr m } ^\circ\text{C}$

20: 1 岩岫崙材料

$q = 3.413 \times i \times v = 3.413 \times 40 \times 32 = 436 \text{ Btu/hr}$

$r_a/r_1 = 2.5$, $r_b/r_1 = 7.0$

$t_a = 100^\circ\text{C}$, $t_b = 45^\circ\text{C}$

$t_a - t_b = 100 - 45 = 55^\circ\text{C} = 99^\circ\text{F}$

$l = 2'$

$k = \frac{436 \ln\left(\frac{7}{2.5}\right)}{2 \times 3.14 \times 2 \times 99} = 0.361 \text{ Btu/hr ft } ^\circ\text{F}$

$k = 0.361 \times 1.488 = 0.5375 \text{ kcal/hr m } ^\circ\text{C}$

參 考 文 獻

1. Warren H. Giedt: Principles of Engineering Heat Transfer (1957)
2. Max Jakob: George A. Hawkins; Elements of Heat Transfer and Insulation (1956)
3. H. J. Barre and L.L. Sammet; Farm Structures (1950)
4. Charles W. Messersmith and Cecil F. Warner.: Mechanical Engineering Laboratory (1955)
5. Frank Kreith; principles of Heat Transfer (1959)
6. 日本材料試驗協會編: 材料試驗便覽(1957)
7. Burgess H. Jennings; Heating and Air Conditioning (1956)
8. 大理工學士: 日本建築學大會論文集(1935)
9. A.P. Carman and R.A. Nelson Illinois Bull. No. 122