建築材料의 熱傳導特性과 實驗

尹 在 振

차 례

1. 머리말
2. 熱伝導率測定裝置
 2.1 KSF 2264의 裝置
 2.2 KSF 2265의 裝置
 2.3 熱流量計를 使用한 裝置
 2.4 不定常熱流法
3. 熱伝導率을 좌우하는 要因
 3.1 温度와 熱伝導率과의 関係
 3.2 密度와 熱伝導率과의 関係
 3.3 湿気·水分과 熱伝導率과의 関係
 3.4 材料의 安全使用温度
 3.5 熱流의 測定에 関한 事項
4. 맺는말

1. 머리말

各種 建築材料의 熱伝導率의 값을 명확히 아는 것은 部材의 熱抵抗, 熱貫流 및 建物의 熱損失 等을 計算하는 경우에 基礎的인 수치로서 매우 重要하다.

建築資材의 品質試験에 対한 知識이 거의 認識되어 있지 않아 생소한 것으로 여겨지고 있지만 品質試験結果 의 正確性여부는 매우 重要한 문제이다. 즉 試験方法과 結果가 뜻하는 것이 重要하며 이것을 올바로 판단하지 않으면 그 結果는 도리어 왜곡되고 만다. 材料試験을 実施하기에 앞서 담당자는 먼저 試験目的, 試験方法, 材料의 一般的 性能, 測定装置의 概要 等에 対한 사항을 숙지하여야 한다. 熱伝導率測定에 있어서도 이러한 基本的인 사항에 대한 検討가 없이 測定結果를 計算하므로서 誤謬를 범하는 경우가 더러 있다.

예를들면 不定常熱流法에 의한 試験結果를 定常熱流法에 의하여 計算하는 경우 等이다. 이러한 점들을 좀더 명확히 숙지하여 建築材料의 品質試験에 正確性을 기해야 할 것이다.

2. 熱伝導率測定裝置

建築材料의 熱伝導率은 保温材[1]의 0.018kcal/mh°c 에서 純銅 340kcal/mh°c 정도까지 광범위하다.

熱伝導理論은 現在 2가지의 目的으로 使用되고 있다. 하나는 工業的인 目的으로 計画된,航空機의 Radiator 같이 熱의 放散을 促進시키는 것과 또하나는 断熱保温壁 等과 같이 熱을 遮断시켜서 建築物의 熱損失을 防止 하고자 熱의 放散을 抑制시키는 경우이다. 여기서 強調하고 싶은 것은 壁体를 주로하는 固体의 熱伝導理論은 어디까지나 熱経済라는 문제, 다시말하면 에너지 절약이라는 관점에서 研究를 계속하고 있는 것이며 이것은 간단히 말해서 固体内에서 温度가 場所에 따라 다를때 熱은 高温에서 低温으로 흐르는 現象을 말하며 熱이 분자에서 분자로 伝熱되어 간다는 理論이다.

이때의 伝熱量은 実験的으로 결정되는 것이며 또한 이것이 熱伝導率인 것이다. 그러면 아주 간단한 경우에 대하여 설명해 보면:

無限이 넓고 균일한 두께 X를 가진 表面積 A인 固体의 壁体가 있다고 생각하자. 그 한쪽 壁体의 表面温度를 θ_1이라고 하고 다른쪽 壁体의 表面温度를 θ_2라고 할때 이 θ_1, θ_2가 $\theta_1 > \theta_2$의 관계가 있다고 하면 그림 1에서 表示한 바와 같이 熱이 左側에서 右側으로 向하여 흐른다. 이 경우 熱이 壁의 表面積 Am^2를 통하여 T時間에 Qkcal의 비율로 흐른다고 하면 다음의 式이 成立된다.

$$Q = \lambda \frac{\theta_1 - \theta_2}{x} A.T$$

이경우 λ는 物質에 관한 常数로서 熱伝導率(Heat Conductivity)이라고 하는 것이다. 이것은 実験的으로 決定되는 物理的인 量이다. 그런데 이 数式은 壁体内의 温度分布状態가 一定하며 時間과 더불어 変化하지 않는 状態를 말하는 것이며 이것을 熱의 흐름의 定常状態 (Steady State)라고 하는 것이다. 実은 壁体内의 伝熱現象은 不定常状態인 것이다. 다시말하면 建築壁体内에서 熱이 흐르는 場所의 여러부분의 温度가 時間과 더불어 変化하여 가는 伝熱方式인 것이다. 建築壁体에 있어서 熱伝導에 対한 式을 不定常状態로 취급하기가 힘이 드니까 편의상 定常状態에서 計算을 하는 경우가 많다.

그래서 熱伝導率測定装置는 原理的으로 크게 正常熱流法과 不定常熱流法으로 分類된다. 定常熱流法은 測定時間이 길고(60분표준) 実験室用으로 보통 쓰여지고 있으며 不定常熱流法은 実験室用은 물론이고 測定時間이 짧고(200초정도) 소형이어서 現場測定이 가능하다. KS 規格上의 測定装置는 모두 定常熱流法에 의한 測定方式이다.

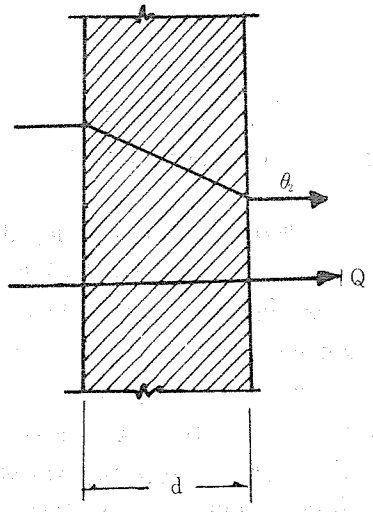


그림 1

註(1) : 保温材는 高温에서 低温에 이르기까지 使用範囲와 용도에 따라 種類가 다양하다. 1200℃이상에서 使用되는 耐火断熱材, 30℃～600℃에 使用되는 保温材, −80℃～30℃에 使用되는 保冷材 및 −273℃～−80℃에서 使用되는 초보냉재 等 温度에 따라 대략 分類할 수 있다. −80℃～600℃에서 使用되는 것은 명확히 구분하기가 곤란하여 이들은 통상 保温·保冷材라고 통칭하고 있다.

표 1. 熱伝導率測定装置의 分類

- 定常熱流法
  - 直接法
    - 平板型 : 시료 1 매형
    - 〃 2 매형
    - 円筒型 : 마구리손실계산형
    - 〃 보상형
    - 〃 교정형
    - 球 型
  - 比較法
    - 並列型 : 표준편 1 매형
    - 〃 2 매형
    - 直列型
- 不定常熱流法
  - 周期法
  - 投入法
  - probe法
  - 示差熱法

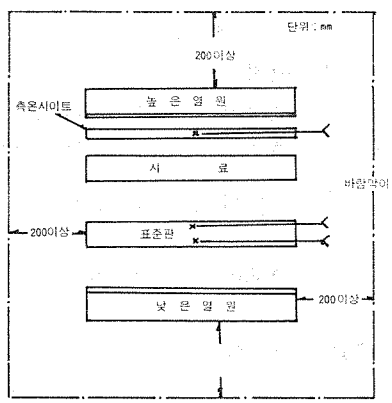
2.1 KSF 2264의 装置

KSF2265의 直接法에 대응해서, 이는 試料를 通過하는 熱量을 標準板(熱伝導率이 既알려져 있는 材料)의 高度差 및 두께에서 求하는 方法으로서 간편한 測定装置이지만 그 標準板의 熱伝導率의 精度에 따라서 測定結果가 좌우되며 標準板의 熱伝導率의 検定이 극히 重要한 事項이다.

또한 一種의 標準板에 対해서 通過熱量과 電気 出力의 関係를 명확히한 熱流量計를 쓰는 方法도 병용하고 있다.

1) 装置의 構成

測定装置는 그림 2 에 표시한 바와 같이 높은熱源, 낮은熱源, 標準板, 試料, 測温Sheet 保護板의 本体와 電源安全装置, 電圧調整器, 温度測定器 等의 부속기구로 되어 있다. 装置의 構成図는 그림 3.4 와 같다.



θ_1 : 표준판의 낮은온도쪽 표면온도(℃)
θ_2 : 표준판의 높은온도쪽 표면온도(℃) 및 시료의 낮은온도쪽 표면온도(℃)
θ_3 : 시료의 높은온도쪽 표면온도(℃)

그림 2 KSF 2264의 装置 構成図

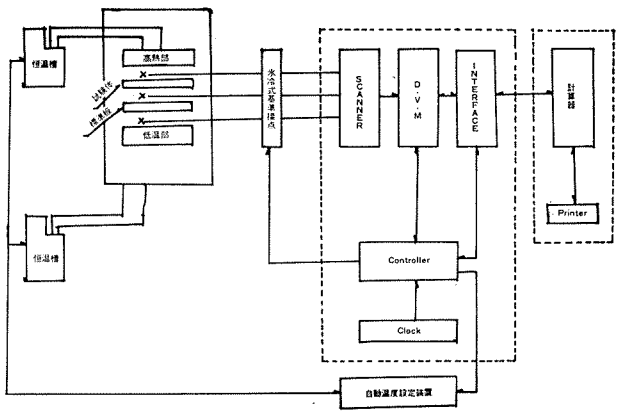


그림 3　熱伝導率測定装置 Block Diagnam

2) 試　　料

試料는 200mm×200mm (±3%), 두께 10~25mm (요철의 差 ±3%이내)로서 KSF에 정해져 있지만 加熱板의 치수를 크게 하므로서 두꺼운 材料에 対한 測定도 可能하다.

3) 測定原理

높은熱源에서 発生한 熱이 試料 및 標準板을 통하여 낮은熱源에 흘러 들어 충분히 定常状態에 達한 연후에 다음式에 대하여 熱伝導率를 算出한다.

$$\lambda = \lambda_o \times \frac{\ell}{\ell_o} \times \frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta_3 - \theta_2}$$

여기에서　λ = 試料의 平均温度에서의 熱伝導率 (kcal/mh℃)

λ_o : 標準板의 平均温度에서의 熱伝導率 (kcal/mh℃)

ℓ : 試料의 두께 (m)

ℓ_o : 標準板의 두께

$\theta_3 - \theta_2$: 試料의 양면의 温度差 (℃)

$\theta_2 - \theta_1$: 標準板의 양면의 温度差 (℃)

$\frac{\theta_2 + \theta_3}{2}$: 試料의 平均温度 (℃)

$\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$: 標準板의 平均温度 (℃)

定常状態의 判定은 標準板 및 試料의 양쪽에 대하여 양면의 温度差 ($\theta_2 - \theta_1$, $\theta_3 - \theta_2$)의 1時間当 変動이 양면온도차의 ±2% 이내 일때 可로한다.

예를들면 어떤 시각의 両面温度差가 10℃이었다고 하면 그로부터 1時間後의 温度差가 9.8~10.2℃ 범위였다면 定常状態로 간주한다.

標準板 및 試料의 温度差 ($\theta_2 - \theta_1$, $\theta_3 - \theta_2$)는 3℃ 이상의 조건에서 測定한다.

4) 測定時의 注意点

가. 本装置는 試料 1매로 간단한 조작으로 測定되나 한편 標準板 検定의 精度에 따라 結果値의 信頼度가 결정되는 특징이 있다.

나. 試料 및 標準板에 흐르는 熱이 定常状態에 達하는 데에는 비교적 시간이 오래 걸리기 때문에 制御装置를 붙여야 한다. 試験을 시작할때는 最終予定電力보다 크게 加熱하고 熱面温度를 希望温度에 의하여 약간 높인다. 이후 2~3회 電力을 가감하여 希望温度에 일치시킨후 最終予定電力을 測定한다.

다. 또한 本装置는 加熱板의 上下도 均熱板으로 되어 있는 것을 사용하여, 加熱板을 사이에 두고 上下 혹은 左右에 試料와 標準板을 定置하므로서 2매의 試料를 동시에 측정할 수가 있다. 2방향의 熱流로서 測定結果가 얻어질수 있다. 특히 동일재료로서 輻射・対流・伝導가 支配하는 것의 熱流方向別熱抵抗을 구하는데 편리하다.

라. 標準板의 選定은 本装置에서 가장 重要한 사항이다.

標準板의 要求条件은

- 해(年)가 지나도 変하지 않을것
- 湿気, 水分의 영향을 받지 않을것
- 使用温度範囲에서의 変形이 없을것

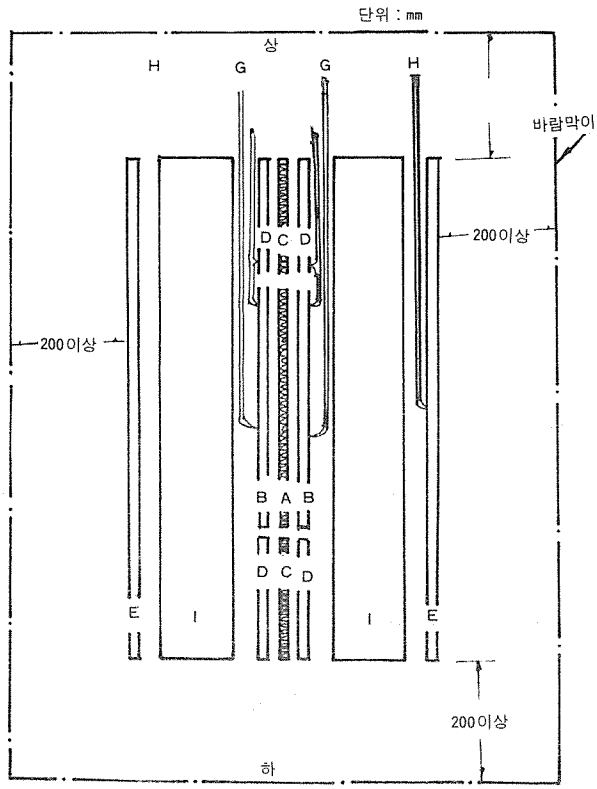
等이다. 그러나 標準板에 있어서 더욱 重要한 것은, 測定試料의 熱伝導率에 가까운 熱伝導率의 標準板을 使用하는 것이 보다더 測定精度를 높인다는 점이다. 결국 試料와 標準板의 温度差를 거의 근사하게 한다면 温度의 測定精度도 거의 같아진다. 그래서 建築材料를 対象으로 하는 경우 예를들면 0.05, 0.1, 0.5kcal/mh℃ 정도의 標準板을 쓰고 있다. 즉 試料의 熱伝導率別로 範囲를 나누어 그에 근접한 標準板을 使用하는게 바람직하다.

마. 加熱板・冷却板의 表面温度分布가 균일한가 균일하지 않는가에 따라 測定結果를 左右한다.
그래서 양자의 表面에는 熱容量이 큰 均熱板을 使用하여 端縁保温에 신경을 쓰고 있다.

바. 또한 本体를 保護하는 保護箱의 使用도 대단히 重要한 意味를 가진다. 加熱板・冷却板에 端縁保護를 한 경우라도 주변온도가 측면온도와 다르고 그곳에서 熱流가 発生하기 때문에 断熱性이 큰 保護箱으로 둘러 싼다.

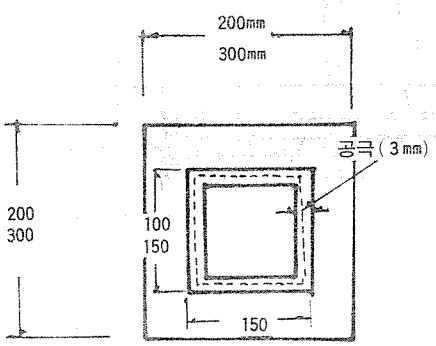
2.2 KSF 2265의 裝置(平板直接法)

本裝置는 Guorded Hot Plate(G. H. P)라고 알려져서 1942年이래 ASTMC 177에 채용된 것으로서 그 構成은 그림 4 와 같다.



A : 주 히이터 } 주열판 } 가열판
B : 주표면판 }
C : 보호히이터 } 보호가열판 }
D : 보호표면판 }

E : 냉각판 I : 시 료
F : 시차열전대
G : 열면용 열전대
H : 냉면용 열전대



加熱板의 平面図

그림 4 KSF 2265의 裝置構成図

1) 裝置의 構成

測定裝置는 그림 4에 表示한 것과 같은 것으로 加熱源, 冷却源, 温度測定計器 및 電力測定計器, 電力調節機構로 構成된다.

2) 試 料

試料는 칫수 및 密度가 같은 材料를 2개 1짝으로 하여 試験한다. 이의 치수는 加熱板의 치수가 2種類로 規定되어 있기 때문에 이 加熱板의 치수에 따라 200×200 mm 두께30mm이하, 300×300mm 두께50mm이하의 2種類가 있다. ASTM에는 円板状의 試料를 使用해도 좋다고 되어 있으나 KS 에서는 채용하지 않았다.

3) 測定原理

그림에서 A～D의 加熱板은 정방형인 것으로서 主熱板과 이것에 3mm의 간격을 두어 둘러싼 保護熱板으로 되어 있다. 主熱板은 熱伝導率를 算出하는 対象이 되는 것으로서 치수는 加熱板이 200mm각 일때는 100mm각, 300mm일 때는 150mm각으로 한다. 実際의 主表面板은 97 또는 147 mm각이 된다.

主히이터(Heater)와 保護히이터는 각각 따로 電力을 끌어 들이는 것으로 한다. 간격을 두고 서로 면한 主表面板과 保護表面板의 温度가 똑같지 않은 것을 찾아 낼 수 있도록 示差熱伝対를 電気的으로 絶縁하여 고정시킨다. 이것이 本裝置의 가장 重要한 部分이다.

즉, 간격을 둔 両表面의 温度가 일치할 때 主히이터의 熱量은 試料에 直角으로 흘러 定常状態로 되는 것이며 이것이 熱伝導率算出의 基礎熱量으로 취급되는 것이다. 示差熱伝対의 接点組数가 많을때 主·保護히이터電力의 調節機構의 作動이 용이하게 된다. 또한 양쪽간격과 전둘레의 温度差가 積算될수 있다.

冷却板에는 간격을 두지않고 뒷면을 冷却源에 접하는 것으로 한다. 冷却源은 冷却板을 加熱板보다 낮은 일정한 温度를 가지는 装置로서 冷却시키는데에는 주위의 공기, 순환액체, 보온재 또는 加熱板보다 적은電力의 히이터를 사용한다.

熱伝導率의 算出은 다음式에 따르며 구해낸 熱伝導率의 값은 2개 試料의 평균값으로 한다.

$$\lambda = \frac{Q}{2A} \cdot \frac{\ell}{\Delta\theta}$$

여기에서 λ : 試料의 平均温度에서 熱伝導率 (kcal/mh℃)

Q : 0.860P (P…watt)

A : 주열판의 면적(m^2)

ℓ : 試料의 두께(m) (2개의 평균에 따름)

$\Delta\theta$: 양쪽 試料의 温度差(℃)

試料의 平均温度라 함은 $\frac{(\theta_1+\theta_2)}{2}$ 를 말한다.

θ_1 : 熱面温度(℃) (2개의 平均)

θ_2 : 冷面温度(℃) (2개의 平均)

이 式에서 Q를 2로 나눈것은 主히이터의 発熱量이 2개의 試料에 골씩 분배되기 때문이다.

4) 測定時의 注意点

本裝置에서 가장 重要한 것은 主熱板과 保護熱板사이의 熱的均衡을 이루는 것이다. 다시말해서 示差熱伝対列 의 出力을 Zero로 유지시키는 것이다. 또한 裝置의 상호간에 結果를 比較하는것도, 빼놓을수 없는 사항이다.

다음은 平板比較法과 直接法에 共通으로 관련된 注意事項이다.

- 入力電源의 安定度가 나쁘면 加熱板에 부여된 電圧·電流의 変動에 의하여 供給熱量이 不安定하게 된다. 예컨데 定常状態를 기대할수 없다. 그래서 使用裝置의 電流容量에 알맞는 精度가 높은 電源安定 裝置를 使用하여야 한다.
- 冷却板의 温度는 一定温度의 空気 혹은 액체로서 유지시키고, 그의 制御에 유념할 것.
- 電力測定(供給熱量의 測定)도 測定結果를 좌우하는 要因이 된다. 그래서 使用하는 電圧計·電流計 혹은 電力計는 規格品을 쓰도록 한다(0.2급이상—현재 熱伝導率測定裝置는 国内生産이 되지않음).
- 熱伝対의 線의 굵기에 따라서도 測定精度가 좌우된다. 이것은 가능한한 가는선(가능한한 0.1mm 리본열전대 : Ribbon thermocouple)을 쓸것.
- 또한 試料, 加熱板 冷却板 사이에 틈이 생기면 정확한 測定이 어렵기 때문에 반드시 쿠숀(Cushion)材를 使用하도록 할것.

2.3 熱流量計를 使用한 裝置

一種의 標準板으로 볼 수 있는 熱流量計를 통과하는 熱量과 熱流量計의 出力(mV)과의 関係에서 熱伝導率를 구하는 裝置이다.

裝置의 構成은 고안자에 따라서 각각 다르지만 그중 몇개를 소개한다.

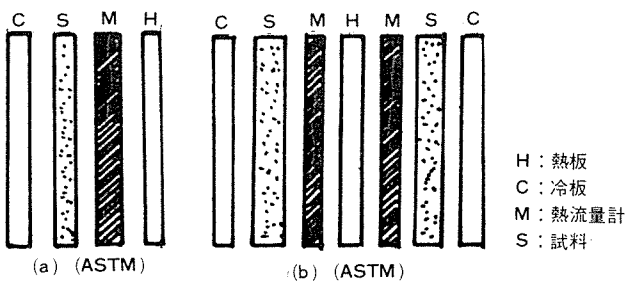


그림 5. 熱流量裝置의 構成

그림 5 (a)는 ASTM C518에 의한것 으로서 그림 2의 KSF 2264에 의한 標準板을 熱流量計로 바꾼것과 같다.그림 5 (b)는 ASTM C 518부록에 있는 것으로서 1개의 高熱源(H)의 양측에 각 1組의 熱流量計(M), 試料(S), 低熱源(C)가 配置되어 있다.

(a) (b)모두 熱流量計는 試料의 高熱源側에 配置되어 있다. 그러나 熱流量計의 耐熱 温度를 초과하는 温度의 測定에는 試料의 低温側에 配置해도 좋다고 되어있다. 熱伝導率의 算出은 다음式에 의한다.

$$\lambda = S \cdot e \times \frac{\ell}{\triangle \theta}$$

여기에서 λ : 試料의 熱伝導率 (kcaℓ /mh°c)

S : 熱流量計의 感度 (kaℓ /m²h/mV)

e : 熱流量計의 出力 (mV)

ℓ : 試料의 두께 (m)

$\triangle\theta$: 試料의 温度差 (℃)

S는 通過熱量 $Q = \lambda_0 \triangle\theta/\ell_0$ (Kcaℓ /m²h)과 出力(mV)와의 関係에서 구한다.

S = Q/e에 의하여 결정되며 熱流量計가 2개 있을때의 通過熱量은 산술평균하여 구한다.

平板比較 및 直接法의 熱伝導率測定裝置는 基礎研究用인데 반하여 本 熱流法에 의한 裝置는 測定時間이 중간정도(10~20분)로서 比較的 짧아 生産工場 等의 品質管理用으로 통상 사용된다.

2.4 KSF 2266의 裝置(원통형사료)

本裝置는 直接法에 속하며 保温試料의 内径에다, 철관 内部에 전열기를 裝置한 것으로서 試料内外部의 温度차이를 測定한다. 또한 원통법에 의하여 熱伝導率을 測定할 경우에는 양쪽끝의 冷却에 의한 오차를 없애기 위하여 그림 6에 표시한 것과 같이 시험편과 같은 材料로 保温한다

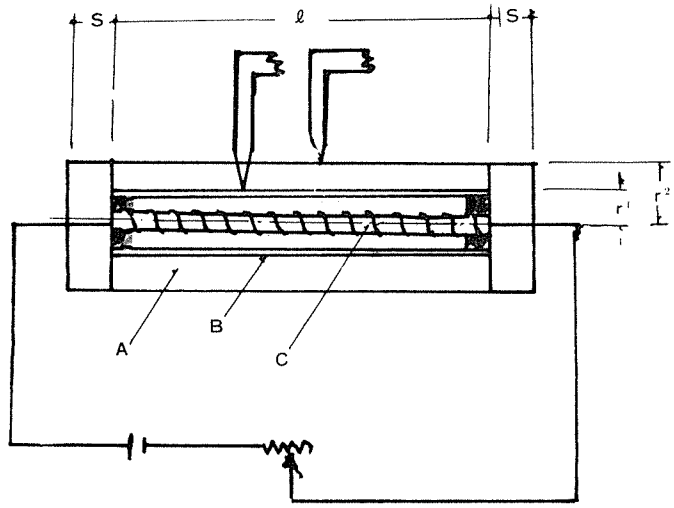


그림 6.

다음式에 의하여 熱伝導率를 算出한다.

$$\lambda = \frac{Q \cdot m\,(r_2/r_1)}{2\pi(\theta_1-\theta_2)\,(\ell - 2nr_1)}$$

여기에서 λ : 熱伝導率 (Kcal/mh°C)

Q : (Kcal/h) = A × V × 0.86

A : 전류 (A)

V : 전열기 양쪽의 전압 (V)

ℓ : 試驗片의 길이 (m)

r_1 : 試驗片의 안쪽 반지름 (m)

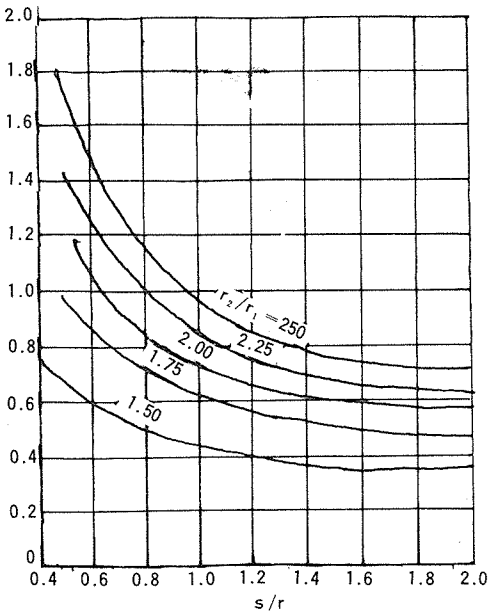
r_2 : 試驗片의 바깥쪽 반지름 (m)

θ_1 : 試驗片의 內面溫度 (℃)

θ_2 : 試驗片의 外面溫度 (℃)

m : 자연대수

n : 그림 7에 의함



S : 끝부분의 보온부 두께 (m)　　그림 7

2·5 不定常熱流法

定常熱流法에 속하는 裝置는그 역사가 깊어 KS, ASTM 等의 規格에 채용되어 있는 것이 많으나 不定常熱流 法에 의한 것은 ASTM-D 2326에 채용되어 있는 것도 있으나 KS 上에는 전혀 없다. 그러나 不定常法은 신속한 測定法으로서, 現場, 工場, 혹은 研究実驗用 等으로 널리 이용되고 있다.

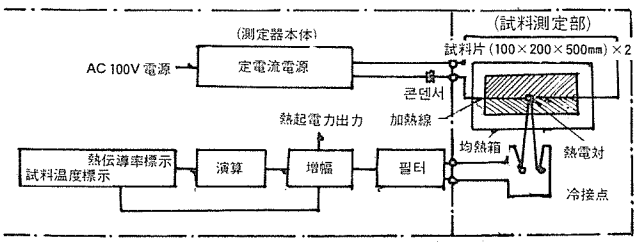
여러 방법중 使用 빈도가 많은 Probe 法과 示差熱法만 소개한다.

1) probe 裝置

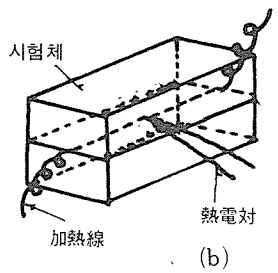
本裝置의 특성은 不定常状能에서 熱拡散率을 소거시키고 熱伝導率과 比熱密度의 관계식으로 구한다.

다음에 소개하는 장치는 日本 京都電子(株)의 TC-31, 32의 熱伝導率計 (Thermal Conductivity meter) 이다. 本裝置는 熱線 (heating wire) 을 이용한 不定常熱流法 으로서 熱平衡을 기다리지 않고 加熱線의 온도상승상태를 파악하여 熱伝導率을 측정하는 방법이다.

그림 8 (a)는 그의 熱伝導率計의 系統図이며 그림 8 (b)에서 보는 바와같이 被検試驗体의 中央에 接하여 긴 금속 가열선을 넣어 電流를 통하면 줄熱 (Joule heat) 을 발생하여 加熱線은 온도가 올라간다.



(a)



(b)

그림 8

試驗体의 熱伝導率이 크면 열은 급격히 이동하여 拡散하므로 加熱線의 온도상승은 커지고 또한 빨라진다.

이렇게 加熱線의 온도상승이 試驗体의 熱伝導率에 따라 다른 点을 이용하여 熱伝導率을 측정한다.

최근에는 모든 시험장비가 그렇듯이, 측정치를 Digital로 표시한다.

室温이외의 低温 또는 高温에서의 熱伝導率을 구할때에는 試驗体의 測定部分은 保温箱에 수납하여 恒温器나 電気炉속에 넣어 두고 측정코자 하는 온도로 한 다음 열전도율을 측정한다.

계산식은 다음과 같다.

$$\theta_2 - \theta_1 = \triangle\theta = \frac{q}{4\pi\lambda} m \frac{t_2}{t_1}$$

$$\therefore \lambda = \frac{q}{4\pi\triangle\theta} m \frac{t_2}{t_1}$$

여기에서

λ : 열전도율 (kcal/mh℃)

q : 加熱線의 길이와 시간에 대한 발열량 (kcal/hm)

$t_1 t_2$: 가열시간 (sec) 임의의 측정간격

$\theta_1 \theta_2$: 온도 (℃) − $t_1 t_2$에 대응하는 probe 의 온도

2) 示差熱法 裝置

本裝置는 定量 示差熱 分析法을 발전시킨 것으로 中央에 2매의 板状의 히이터 (Heater) 를 고정시키고 각각 試

料 2 板(합계 4 매)를 금속 Block에 고정시켜 試驗한다. 試料의 치수는 가로, 세로 50mm, 두께 10mm이며 양 히이터(heater)에 接하고 있는 試料의 温度差를 示差熱伝対로 測定時間의 경과에 따라 測定한다.

$$\lambda = \frac{Hd}{2SA}$$

여기에서

λ : 熱伝導率(kcal/mh℃)
H : Heater의 全発熱量(kcal)
d : 試料의 두께(m)
S : 試料의 面積(m^2)
A : 温度差 피구의 面積

3 熱伝導率을 좌우하는 要因

固体材料는 모두 熱遮断性을 가지고 있으며 그 性能은 그 材質의 特性, 組織, 性分, 形態, 두께 等에 따라 현저한 차이를 나타내게 된다. 따라서 熱伝導率은 이와같은 사항에 의하여 달라지며 또한 測定時의 正確性에 따라 結果値에 차이가 난다. 다시 말해서 正確한 試験方法과 結果整理에 依하였다고 하더라도 사전에 検討한 事項과 비교하지 않으면 結果値의 신뢰도는 그 만큼 떨어지게 된다.

材料의 熱伝導率을 좌우하는 要因은 試料(試験体)의 密度, 試験에 対한 熱流의 方向, 試料両面의 温度 및 温度差, 試料의 함수·함습상태에 의하여 熱伝導率이 変化하는 것으로 되어 있다. 이러한 점들을 미리 알지 못하면 正確한 実験結果를 기대할 수 없다.

3. 1 温度와 熱伝導率과의 関係

간단히 설명하면 材料의 熱伝導率은 温度範囲가 0℃~100℃ 정도되면 温度上昇에 비례하여 増加된다. 그림 9는 材料의 平均温度와 熱伝導率의 할증과의 관계를 표시한 것이다. 다시 말해서 材料의 断熱性은 일반적으로 温度가 上昇하면 저하한다는 의미이다. 예를 들면 同一한 材料로 되어있는 部材일지라도 실내의 칸막이벽에 사용한 경우와 햇빛이 직접 벽면에 닿는 외벽에 사용하는 경우와는 단열성이 달라지게 된다. 보통 標準状態(20℃)를 기준으로 하여 생각하면 이것보다 40℃정도 上昇한 温度 즉 60℃ 정도 되면 変化가 적은 材料는 약1.02배, 큰 材料는 1.5배쯤 된다고 한다. 그래서 高温條件下(加熱炉, 等의 発熱体 부근의 材料)와 低温條件下에 使用하는 断熱材는 당연히 구별하지 않으면 아니된다.

그림10은 各種 材料의 熱伝導率과 温度와의 関係를 도표화 시킨 것이다.

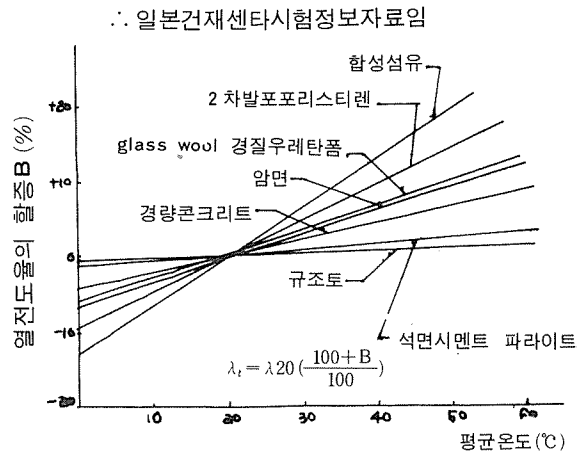


그림 9 平均温度와 熱伝導率의 割増(20℃基準)

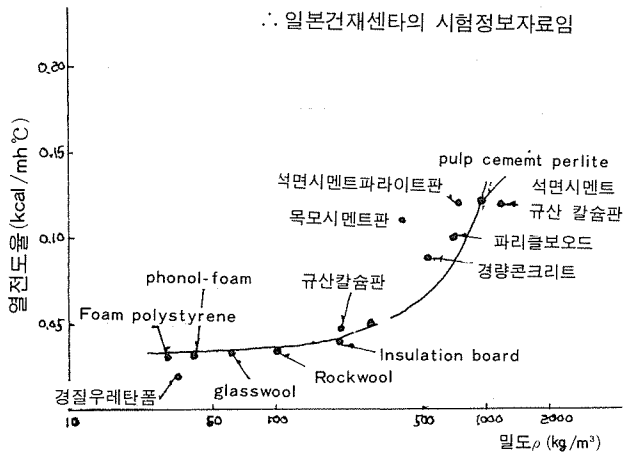


그림10. 密度－熱伝導率図

3. 2 密度와 熱伝導率과의 関係

断熱材라고 하는 것은 대부분 충분한 空気를 함유하고 있다. 덧붙여서 空気의 断熱性은 어떠한 断熱材料의 断熱性能보다 우수하기 때문에 여하히 空気를 材料内에 함유시키느냐에 따라 断熱性의 良否가 결정된다고 해도 지나친 말은 아니다. 그림10은 各種 材料의 密度와 断熱性과의 関係를 표시한 것인데 一般的으로 密度가 증가되면 熱伝導率이 커지며 경량재료가 断熱性이 좋은 것으로 되어 있다. 그러므로 熱伝導率을 測定하지 못하였을 때도 그 密度를 알므로서 그 材料의 대략 熱伝導率을 추측할 수 있다. 그러나 建築材料 전반에 있어서는 특수한 성질을 가지고 있는 것도 있다.
이를테면 유리섬유, 석면, 발포수지 等 多空質材料의 密度와 熱伝導率의 関係는 약간 복잡하다.
그러므로 모든 材料가 熱伝導率은 密度에 비례한다는 생각은 옳지 않다.

3．3 湿気，水分과 熱伝導率의 関係

材料의 断熱性을 좌우하는 最大 要因으로서 湿気, 水分을 들수 있다. 材料内에 水分이 포함되면 0℃ 이상에서는 液体로 존재하나 0℃이하에서는 結氷된다. 一般的으로 물의 熱伝導率은 0℃ 이상에서는 0.6kcal/mh℃, 結氷状態에서는 5.0kcal/mh℃ 정도로서 断熱性이 不良하다. 그래서 断熱性이 있는 材料라 할지라도 材料内에 水分이 있으면 内部에 눈에 보이지 않는 미소한 기포에 물이 들어박혀서 기포가 断熱性에 有利하게 作用하던 状態로 부터 一変하여 断熱性이 상당히 低下하게 된다. 따라서 콘크리트, 몰탈 等 물 보다 断熱性이 있는 材料라 할지라도 이러한 点에 충분한 주의를 기울려야 한다.

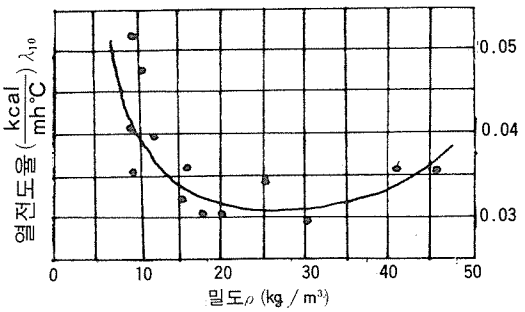


그림11. 석면의 밀도와 열전도율과의 관계

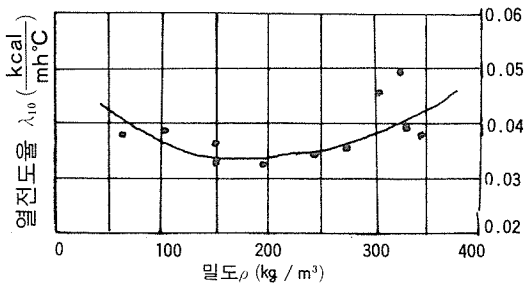


그림12. 유리면의 밀도와 열전도율과의 관계

3．4 熱伝導率에 미치는 輻射의 影響

이点은 특히 中空壁에 대하여 注意를 要한다. 多孔質材料 및 空気尽材料의 断熱性에 미치는 輻射의 영향은 의외로 막심하고 一般的으로는 空気尽伝導率量의 70%정도가 輻射伝熱量이라는 点을 감안할때, 建物의 各 部分이 여름에 강한 日射를 받아서 高温에 달하거나 반대로 겨울에 室内의 暖房時에 内側壁 部分의 輻射伝熱量은 상당히 커진다. 이같은 輻射를 遮断하는 방법은 空気尽을 사이에 두고 両面材料를 輻射係数가 적은 것을 使用하거나 혹은 室内에 輻射係数가 적은 防熱板을 使用하는 것이 좋다. 그러나 輻射係数가 적은 材料는 意外로 적고 上記의 目的으로 使用하려면 겨우 알미늄箔 정도에 불과하다 알미늄箔의 輻射係数는 0.1~0.2kcal/mh°K⁴ 정도로 모든 建築材料보다. 훨씬 적은 값으로 熱線에 対하여 대단히 反射率이 높은 性質을 가지고 있다. 이러한 알미늄箔을 空気尽表面 혹은 内部에 삽입하므로서 輻射伝熱의 90% 이상을 阻止할 수가 있다고 한다.

材料를 두는 位置와 熱流의 関係에 対하여 空気尽材料 및 低密度의 多孔質繊維에 対하여 注意하지 않으면 안된다. 이러한 材料의 伝熱量은 熱流의 方向에 対하여서 上側에 둔 状態가 제일 크고 이하 垂直, 下向의 順으로 된다. 建物의 天井속, 壁, 바닥이 空気尽일때 이러한 房을 暖房하였다고 생각하면 室内로 부터의 熱損失量은 天井이 제일 많고 壁, 바닥의 순서로 된다.

또 天井속에 低密度의 유리섬유를 使用하면 섬유간의 間隙으로 부터 空気가 振動하여 용이하게 熱을 운반할 수가 없게 된다. 따라서 이러한 種類의 材料를 使用함에 있어서는 上記 事項에 충분히 注意치 않으면 생각과는 다른 断熱性能이 되어버리는 일이 있다.

그림13은 材料의 熱流別로 본 熱抵抗의 값이다.

일본건재센터의 시험정보자료임

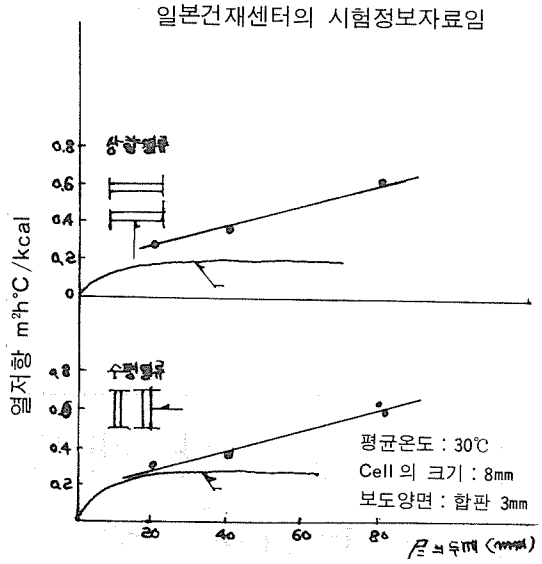


그림13. Honey comb의 열저항 (예)

3．5 材料의 安全使用温度

材料中에는 耐熱性이 있는 것과 熱을 받으면 変形, 수축 等이 일어나는 것이 있다. 一般的으로 断熱材라고 하는 것은 壁体内部에 使用하는 경우가 많아서 혹 熱을 받으면 亀裂, 수축 等이 일어나서 그 部分에서 熱의 이동이 일어나게 된다. 따라서 材料가 使用되는 장소에 따라 温度條件을 고려하여 材料를 선택하여야 한다.

3. 6 熱流의 測定에 関한 事項

2 熱伝導率測定装置에서 기술한 바와같이 人力電源의 安定度가 나쁘다거나 電力測定計器의 情度가 낮으면 結果値의 信賴度가 저하되는 要因이 된다.
기타 計器의 特性을 충분히 이해하지 아니하고 実験을 하게 되면 그만큼 오차의 범위도 커지게 된다.
이것은 熱量의 測定에 関한것 중에서 가장 重要한 事項이다.

4. 맺는말

現代 国内에서는 不定常熱流法(특히 probe 형)에 의한 装置만이 확보되어 있으며 대부분이 工場品質管理用이다. 基礎実験用으로서 보통 実験室에서 사용하고 있는 定常熱流法에 의한 装置는 国内에서 確認된 것이 없다.

KS 規格上에는 定常熱流法에 의한 測定方法만이 채택되어 있어 規格의 活用이 사실상 되지 않고 있다고 볼 수 있다.

따라서 不定常熱流法에 의한 KS 規格의 채택여부 검토와 定常熱流法에 의한 装置를 保有하여 材料의 研究·開発·実験에 이용하여야 할것이다.
또한 이의 효율적인 이용을 위하여는 建築材料 試験師의 양성과 品質管理의 体係確立이 同時에 이루어져야 할것으로 본다. ■

(国立建設研究所 建築資材科)

검소한 생활로 물가고를 이기자
하루위해 낭비말고 백년위해 저축하자