大日本窯業協會雜誌

第四十一集 第四百八十五號

Vol. 41

No. 485

報

文

長き圓壩型試片を用ひて赤煉瓦の熱傳導率測定

田 所 芳 秋

A Measurement of the Thermal Conductivity of Common Red
Brick with the Method of a Long Cylindrical Form.

by Yoshiaki Tadokoro

Abstract

Thermal conductivity of a red brick generally used as building material is measured up to about 200°C (0.0025 in C. G. S. unit) in this work, the specimen being in the form of long cylinder, and it is found to be in accordance with the result obtained by the measuring apparatus for thermal conductivity and diffusibility up to 1250°C, which was designed by the writer about ten years ago. From the result of this report, it will be known that the long cylindrical form of the specimen in measuring the thermal conductivity can be well applied up to about 200°C.

(1) 緒 言

建築材として需要せらるゝ赤煉瓦の熱的諸性質の中にて本實驗に於ては先づ其の目的とする所は赤煉瓦の熱傳導率を測定し以て是れを建築、各種爐壁、パイプの内巻き等を使用せし際の熱絶縁性決定の問題に資せんとす。次に從來各種の熱傳導率測定値には實驗的困難の爲め多少の誤差ある場合多し、本實驗の目的は長き圓壩型試片の測定方法を以て割合に低溫度 (200°C 以下) に於て測定せる結果を著者が從來採用使用しつゝある高溫度に於ける溫度並に熱傳導率測定裝置 (1250°C) によつて求めたる値と共に比較攻究し、以て該圓壩式測定方法の正確度を覗知せんとするものなり。200°C 以下に於ては該圓壩式測定方法も適當なる實驗的注意の下に於ては其の實驗値も亦相當正確なるを知れり。以下其の概略を順記せん。

(2) 實 驗 裝 置

第一圖に此實驗裝置を示す。圖に見る如く試片は並型煉瓦を縦の方向に一杯にとりたるものにて直徑 55 耗長さ 219 耗の長き圓壩なり。これに同種煉瓦を以て其兩端に Guardrings を用ふる事圖の如し、試片には Guardrings の中心を通りて徑 1.5mm の孔を貫きこれに 1.0mm 耗のニクロム線を通す。此の試片は煉瓦の臺上に垂直に立てらる。試片の中央同一断面に於て溫度測定孔 4 ヶを穿つ事圖に示す如し、此孔に熱電對を

入る。即ち4對の熱電對を使用す。各熱電對の冷接點は氷を以て常に攝氏零度に保たれたる Cold Junction Box 及び切替スイッチを経て交互に溫度指示器に接續す。

第二圖は此熱電對と溫度指示器を併用したる場合の溫度補正曲線なり。4組の熱電對は何れも第2圖の補正曲線によれり、試片の中心を通れるニクロム線には120ヴォールト400アンペア時の容量ある据え置き蓄電池より加減抵抗器を経て電流を送らる電流の強さ、端子電壓は精密直流電流計及同電壓計を以て測定せらる。圖に示す如く試片は硝子窓を有する箱に入れられて、外氣の動搖による影響を被る事を少からしめたり。此箱は天井の中央部に在る硝子を取除き以て箱内の溫度は著しく上昇せざる様せらる。

(3) 實驗方法 (第四圖参照)

蓄電池より電流を送り加減抵抗を使用し4アンペアに保つ爾後各10分間毎に4ヶの孔の溫度及び電流、電壓計を順に讀む。約3時間を経過すれば各孔の溫度は全く一定となりて少しも上昇する事なきに到る。此狀態を約30分保留す。

次に抵抗器を加減して電流を5アンペアに増加し、再び前同様の測定を行ひ乍ら定常狀態に達して後猶ほ30分間保留す。逐次電流を6;7;8;9……と増加し遂にニクロム線が赤熱する迄(17アンペア)此測定を繼續す。第四圖に示すが如し。

(4) 熱傳導率の計算

定常狀態に達したる時の4ヶの孔の溫度を $t_1 t_2 t'_1 t'_2$ とし、圓壩の中心より各孔に到る距離を $r_1 r_2 r'_1 r'_2$ とし。試片の中心に於て單位時間に單位長さの間に生ずる熱量を Q とすれば、普通知らるる如く

$$Q = 2\pi K \frac{t_1 - t_2}{\log_e \frac{r_2}{r_1}} \quad Q = 2\pi K' \frac{t'_1 - t'_2}{\log_e \frac{r'_2}{r'_1}}$$

なる関係式成立す。但し K 及 K' は試片の熱傳導率なり。今供給したる電流を i アンペア端子電壓を E ヴォールト、端子間の距離を l 厘とすれば明に

$$Q = \frac{Ei \times 0.237}{l} \quad \text{カロリ/sec/cm.}$$

なる故これを前式に代入して K 及 K' を求むれば

$$K = \frac{0.237 \times Ei \times \log_e \frac{r_2}{r_1}}{2\pi(t_1 - t_2)} \quad K' = \frac{0.237 \times Ei \times \log_e \frac{r'_2}{r'_1}}{2\pi(t'_1 - t'_2)}$$

となる。

若し加工に當り $r_1 = r'_1$ $r_2 = r'_2$ なる如くする時は理論的には $t_1 = t'_1$ $t_2 = t'_2$ なるべく従つて $K = K'$ なるべき筈なれ共煉瓦は各部分に於て全く均質ならざるを以て必ずしも $t_1 = t'_1$ $t_2 = t'_2$ ならざる場合あり。即ち煉瓦は處によりて素質を異にする爲め當然熱傳導率の異りたる價を示す事あるは免れざる所なり。従つて此の兩者

の値に於て大差なき時は此等を平均したる價を以てその温度の熱傳導率とすべし。

(5) 實驗結果

建築用赤煉瓦につきて此方法を以て實驗を行ひたる結果を第一表第三圖及第四圖に示したり。

第三圖に見る如く $r_1 r_2$ なる一組の孔より求めたる熱傳導率の價と $r'_1 r'_2$ の他の一組のものより求めたる熱傳導率の價とは大體に於て一致するを見るべし。これは前に述べたる如く煉瓦素質の影響にして實驗後試片を切斷して其切斷面を検するに下

圖に示す如く $t_1 t_2$ の部分は $t'_1 t'_2$ の部分より稍有孔性に富むを確めたり。

第 一 表

赤煉瓦の熱傳導率測定				$r_1 = 1.70 \text{ cm}$ $r_2 = 0.65$ $r'_1 = 1.65$ $r'_2 = 0.75$ $l = 3.70 \text{ cm (Terminal length)}$			
定常状態に達して 30 分保留							
Amp	Volt	$t_1 - t_2$	温度	熱傳導率 $\times 10^{-3}$	$t_1 - t_2$	温度	熱傳導率 $\times 10^{-3}$
3.91	1.81	3	30.5	2.31227	3	29.5	1.89659
4.00	1.88	5	33.5	1.47418	2	32.5	3.02290
4.97	2.28	8	38.0	1.33883	8	33.0	1.13877
6.00	2.83	9	46.5	1.84923	5	44.5	2.73032
6.14	2.82	10	46.0	1.69718	5	43.5	2.69521
6.80	3.12	10	51.0	2.07961	6	49.0	2.68206
8.00	3.77	15	64.5	1.97656	10	62.0	2.42474
8.95	4.21	17	75.5	2.17161	12	73.0	2.52438
10.06	4.79	23	88.5	2.05350	15	84.5	2.58206
11.00	5.22	27	98.5	2.08384	18	96.0	2.56251
12.00	5.88	33	115.5	2.09570	22	113.0	2.57851
12.22	5.90	34	115.0	2.07840	21	112.5	2.75983

13.76	6.61	41	134.5	2.18404	27	129.5	2.70828
15.80	7.60	52	163.0	2.26340	39	159.5	2.47544
16.90	8.09	69	182.0	2.23340	46.5	179.5	2.36385

(6) 長き圓壩式熱傳導率

測定の正確度 熱傳導率の測定は從來實驗的困難を伴ふものとせられ特に煉瓦類の熱傳導率の測定に於て然り更に相當高溫度 (200°C) 以上に於ける是れの測定は特に實驗的困難を伴ふものたるや周知の事なり。200°C 以下の測定は割合にその種類も多く又實驗結果も相當の程度に於て正確なるものと云ひ得べし。今此の實驗に採用せし圓壩式方法も溫度 200°C 以下の測定に於ては割合に正確なる結果を與ふるものなり。今試みに著者の從來耐火材類の高溫度 (並に普通溫度) に於ける熱傳導率、溫度傳導率及び熱容量の測定に使用しつつある正弦波熱源式傳導率測定裝置 (參考——各種耐火煉瓦の熱的諸性質に就て……製鐵研究第 123 號, 3~13 頁) を以て同一赤煉瓦より作れる試片に就て測定せる結果 (第五圖) と比較するに兩者の値よく合致せるを見るべし。従つて兩測定裝置は何れも相當正確度を以て採用し得る事を反證し得べし。但し圓壩式方法の正確なる應用範圍は先づ 200°C 以下にして反之正弦波熱源式傳導率測定方法は最高 1250°C~1300°C 迄は正確に應用し得るものなり。尙ほ該式は熱傳導率、溫度傳導率、従つて熱容量或は比熱の 4 種の熱的性質を 1300°C 迄測定し得るものなり。

次に第五圖中 Fig. A に於ける赤煉瓦の傳導率及び熱容量が溫度に因つて受くる影響變化を見るに 500°C~600°C の間に於て急激なる變化あるを見るべし。是れ煉瓦内に存する殘留不變珪酸の α -形より β -形に轉移する爲めの増加によるものなり。珪石煉瓦に於て矢張り此の性質あるを知る、前記報告 (Fig. 2) 參照すべし。第五圖 Fig. B は該赤煉瓦に就て最高溫度の傳導率測定の際の試片内の溫度の降下分布を參考の爲め圖示するものなり。

(7) 結 言

以上測定の結果によれば赤煉瓦の熱傳導率は 200°C 迄は平均 0.0025 C. G. S 單位にして當所鐵滓煉瓦、高爐セメント ($K=0.002$ C. G. S 單位) と當所溶鑛爐滓塊の傳導率 ($K=0.003$ C. G. S 單位) の中間に位し粘土質耐火煉瓦 (シヤモット煉瓦) の傳導率 ($K=0.0025$ C. G. S 單位) と同値なり。勿論供試體の素質に於て多少の差違あるや明かにして以上は其の概括的標準を示さんが爲めなり。此等各種熱絕緣體の絕緣性に關しては稿を更めて報告せんと欲す。尙ほ本研究結果の示す所によれば圓壩式熱傳導率測定裝置は適當なる實驗的注意の下に於ては溫度 200°C 以下の溫度に對しては相當正確なる實驗結果を與ふるものたるを知るべし。

(昭和 7 年 8 月 15 日 爐材物理實驗室に於て)