

初期及び末期に注入された鋼塊は避くべきである。

(44) 造塊用粘土質煉瓦の二、三の物理的性質

日本鋼管 K.K. 川崎製鐵所, 技術研究所

工 佐々木 茂 式

第 41 回の本大會で、造塊時に於いて造塊用耐火物が受ける物理的熱的な荷重に關して検討し明かとした諸點を報告したが、その中で定盤、注入管及びスリーブ等の各煉瓦が熔鋼流壓にのみ耐えるためには引張強度 15~20kg/cm² 以上であれば充分であること、鑄込中に發生する煉瓦の割れなどの破壊は主に熱應力によるものであり、それは引張應力があつて熱應力値は煉瓦の溫度傳導率、熱膨脹性、彈性率の如何により左右されるものたること、又煉瓦自體の引張強度が熱應力に耐ゆるだけ充分に大きければ破壊に至り難いこと等について述べた。このような造塊用耐火物の割れ、その他の破壊を考える上に於いて、實際に使用している煉瓦のこれ等の性質がどのようであるかということを知悉しておくことは肝要なことであり、この意味から著者は、これ等性質の中先づ常溫に於ける引張強度及び彈性率について検討してみた。又同時に常溫耐壓強度、曲げ強度及び氣孔率等を測り、これ等の性質間に特定の關係が存在するか否かについても検討した。

耐火物の機械的性質の中、耐壓及び曲げの兩強度は壓縮及び曲げの兩試験によつて比較的容易に求め得るのに反して引張強度の方は實測に困難さが伴うために従來より實測値として殆んど發表されていないほどである。又、彈性率についても、R. A. Heindl 及 W. L. Pendergast¹⁾、近藤清治及び吉田博²⁾、山内俊吉及び加藤左織³⁾ 氏等が測定している少數の實測値が發表されているに過ぎず、剛性率の場合ほどの實測データの報告が多くない。又使用原料の種類、製造條件等によつて強く左右され易い傾向を有し、單に文献データのみに依存できない點を有する。著者は、當所に於いて使用する煉瓦の引張強度を知るための一つの試みとして、Timoshenko 發表⁴⁾ の小圓孔を有つ圓形プレートの場合の應力理論と試験法を應用した特殊試験法で定盤煉瓦の引張強度を、又耐火物の如き多孔性材料の彈性率(靜的)を測るのに適するように特別に考案された近藤、吉田式彈性率測定装置を用い彈性率を夫々實測した。

今回對象とした試料は當所製及び他 2 社製の定盤及びスリーブ兩煉瓦を主としたもので、その他に範圍を廣くするために高爐煉瓦及び高アルミナ質煉瓦の 2 種をも供

試した。しかしなお範圍狭く、實測データも少いために明確な諸關係を見出すまでに至らなかつたが、検討結果の概要を示せば次の如くである。

I. 試料の種類、化學成分、耐火度、氣孔率及びその他性質

試料の種類は當所で使用する當所製定盤(湯道徑 4.0cm)煉瓦 15 個、a 社製煉瓦(湯道徑、4.0~4.5cm) 3 個、當所製及び b 社製スリーブ煉瓦 5 個、當所及び G.R 社製高爐煉瓦 3 個、當所製高アルミナ質煉瓦 2 個等である。(化學成分、耐火度、氣孔率等の表掲省略)

II. 常溫耐壓強度 (p_c)

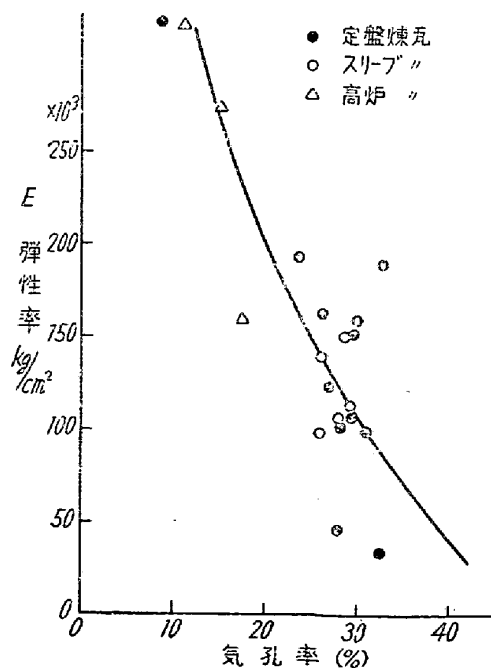
各煉瓦から切斷調製した 2~2.5cm³ の立方體試片を壓縮試験に供した。氣孔率及び強度を兩軸とする圖に於いて氣孔率 30% 以下で急激に強度を増大する Hyperbolic 關係の傾向をみとめた。

III. 常溫抗折力 (p_B)

3×4×10cm³ の試片を曲げ試験に供した。抗抵抗力及び氣孔率を兩軸とする圖に於いて測定値が氣孔率 20~30% 範圍で 60~130kg/cm² にわたり分散し、一定の傾向を見出せなかつた。

IV. 常溫彈性率

近藤、吉田式彈性率測定装置を用い、2×1.2~1.5×10cm³ 試片をセットして荷重に對する撓みを槓杆により



第 1 圖 彈性率と氣孔率との關係

10 倍に更に光楯杆で 200 倍として讀みとり、 $E = WI^3 / 4 \cdot ebd^3$ 式から算出した。測定値 E を氣孔率との關係として圖示したのが第 1 圖であり、割に明瞭な關係が認められる。即ち氣孔率増加とともに弾性率は低まる傾向を示す。粘土質の如き弾性の比較的大きい耐火物にあつては粒子間弾性に影響を及ぼす氣孔率が重要な因子となつてゐることが分る。しかしこの弾性率測定値のすべてが一曲線にのるといつたものでなく、b 社製のものでは殊に曲線から遙かに離れて分散し、氣孔率のみならず粒子間 Matrix 部の組織が強く影響することが推定された。

V. 常溫引張強度 (p_1)

定盤煉瓦の引張強度を近似的に知る目的で應用した Timoshenko の理論及算出法は、小圓孔のある圓形プレート (外徑 D , 孔徑 d ,) が p なる力で一樣に引張れる際、斷面が四角形の場合に下記の各關係式から引張及び曲げの兩應力 p_1 及び p_2 を算出できるとしてゐるのであり、同氏は D/d 比 3~10 範圍にわたり検討し D/d 比 5~8 範圍の場合に計算値と精確な實測値と一致することを述べてゐる。

$$p_1 = \frac{pD}{2h}, \quad p_2 = \frac{Mo}{rd} \left(1 - \frac{2r}{h} \right),$$

$$r = R - \frac{h}{\log e \frac{D}{d}}, \quad h = (D-d)/2$$

$$Mo = \frac{1}{2\pi} p D^2 \left[(\pi - 2) \frac{R}{D} + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{r}{D} - \left(1 - \frac{1}{4} \pi \right) \frac{h}{D} - \frac{3}{8} \pi + 1 \right]$$

$$p_{max} = p_1 + p_2$$

著者は、 $D/d = 2.5$ の定盤煉瓦の場合に適用し、幅 10cm 或は 3.5cm に横に切斷した試片の上下面から引張りの代りに壓縮を加えて、加壓中に圓孔の上下内面或は左右の外面に最初に認められる龜裂發生の際の試験機ダイヤルの讀みを引張及び曲げの破壊應力 p_1 及び p_2 に相對する加壓による壓縮力であると見做して上記の關係式から p_1 及び p_2 を算出し求めた。このようにして求めた 15 個試片の曲げ強度 p_2 を別に曲げ試験で測定した抗折力と對比した。その結果、 $D/d = 2.5$ として算出する曲げ強度 p_2 は抗折力と相當にかけ離れた値を示し、何等兩者間に同傾向をも認め難いが、試片の D/d に無關係に Timoshenko が適當な範圍としてゐる D/d 比 5~8 の場合として算出すると割合に近い値を示すことが判つた。煉瓦の如く著しく脆い材料では D/d 比は

左程重要でないものと思われる。この事によつて又引張強度は D/d 比 2.5 としてよりも 5~8 として算出した値の方が實際に煉瓦の有つ値に近いことが推定された。氣孔率と引張強度との關係は抗折力の場合と同様に特定な曲線として示すほどの傾向を見出し難かつた。

なお、本實驗に於いて、特別に値の低いもの、或は極端に高いものが 1, 2 あつたがこれ等は煉瓦製造過程に於いて生じた潜在毛割れ、殘留歪に原因するものと考えられた。

VI. 耐壓強度と抗折力、引張強度及び弾性率との關係

(A) 弾性率と耐壓強度

原料の種類、製造條件、組織構造等の相異に基因すると考えられる分散がみられ、明確な關係は認め難いが、強度 200~300 kg/cm² 位まで稍急激に弾性率を増加し、それ以上の範圍で増加率は極めて小さくなる傾向あり、強度の増加に伴つて極端に大きくなることはない。

(B) 抗折力と耐壓強度

測定値は相當に分散し特定曲線を以つて示すことが出来ない。強度の増加に對して抗折力は直線的に増加することはない。

(C) 引張強度と耐壓強度

抗折力の場合と同様に測定値は分散するが、耐壓強度 200~300 kg/cm² で引張強度 50~60 kg/cm² 位であり耐壓強度 600 kg/cm² と増しても約 65 kg/cm² 程度であつて増加率は極めて小さい傾向が認められる。

VII. 弾性率/曲げ強度 (E/p_B) 及び弾性率/引張強度 (E/p_1)

熱應力或はスポーリング性を考える上で、弾性率、引張及び曲げ兩強度の大小を單獨で比較するよりも比の大小として比較する方が合理的であると思われるが、(E/p_B) 及び (E/p_1) を氣孔率との關係圖として圖示してみた。その結果、明瞭な傾向は見出し難かつたが、 E の方が (E/p) 値に影響する程度大きく、氣孔率の増加とともに小さくなることが推考された。

文 獻

- 1) J. Amer. Ceram. Soci, 10, 1927 524,
- 2) 窯協誌, 昭和 11 年, 44, No. 525, 611~616, 44, No. 526, 713~724
- 3) 窯協誌, 昭和 13 年, 51, No. 604
- 4) "Applied Elasticity", 1925, 237