

# 粘土質耐火材(シヤモット煉瓦)の品位 決定用としての軟化點の測定に就て

(大正十五年十一月日本鐵鋼協會第二回講演大會講演)

田 所 芳 秋

## 内 容 目 次

### (I) 緒 言

耐火材中使用範圍最も廣汎なるシヤモット煉瓦の品位決定に何が一番適當せるか?

(II) 生粘土の粘り度に關する考察と爐材の軟化破壞に關する機構並に其の熱間に於ける粘性の大小に就て

(III) 軟化點測定装置に熱間の粘り度及び軟化點の決定方法

(IV) 高爐々底用シヤモット煉瓦の軟化點に及ぼす荷重及び加熱速度の影響に就て

(V) 製鋼用湯止め煉瓦二種への應用としての熱間粘性の比較並に其の品位決定

(VI) 爐材の龜裂率と熱間粘性との關係並に實例示に就て

(一) 比重及び氣孔率の決定

(二) 加熱冷却に因る膨脹及び收縮の決定

(三) 熱に對する傳導性の決定

(四) 剛性率の決定

(五) 龜裂傾向度の決定

(六) 顯微鏡組織

(VII) 結 言

### 附圖說明 (自第一圖……至第二十六圖)

第一圖 軟化點測定装置

第二圖 第二熔鑄爐々底煉瓦の軟化點測定曲線

第三圖 軟化點測定後の標準的試片の形狀四種

第四圖 (No.1—No.5)及(NO.6)加熱速度 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の時荷重により變化する軟化點の測定

第五圖 (No.1—No.5)及(NO.6)加熱速度 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の時荷重により變化する軟化點の測定

第六圖 (No.1—No.5)及(NO.6)同加熱速度 $(5^{\circ}\text{C}/\text{min})$ の場合

第七圖 (No.1—No.5)及(NO.6)同加熱速度 $(3^{\circ}\text{C}/\text{min})$ の場合

第八圖 加熱速度を一定し荷重を變化せる時の軟化

温度との關係

第九圖 (其一、其二)

(軟化温度) $\times$ (荷重) $\times$ (加熱速度)の關係を示せる模型

第十圖 軟化温度を一定ならしむる爲めの荷重と加熱速度との關係

第十一圖 荷重一定なる時加熱速度と軟化點との關係

第十二圖 軟化點測定後の試片の實物寫眞

第十三圖 (其一、其二、其三及び其四)

A 印湯止め煉瓦の軟化點及びそれと加熱速度との關係

第十四圖 (其一、其二、其三及び其四)

B 印湯止め煉瓦の軟化點及びそれと加熱速度との關係

第十五圖 熱間耐壓強度試験装置の寫眞

第十六圖 湯止め煉瓦二種の熱間耐壓強度

第十七圖 A 印湯止め煉瓦の膨脹曲線 $(0-1,300^{\circ}\text{C})$

第十八圖 B 印湯止め煉瓦の膨脹曲線 $(0-1,300^{\circ}\text{C})$

第十九圖 A 印湯止め煉瓦の膨脹曲線 $(0-1,600^{\circ}\text{C})$

第二十圖 B 印湯止め煉瓦の膨脹曲線 $(0-1,600^{\circ}\text{C})$

第二十一圖 A 印湯止め煉瓦の熱に對する傳導性其他

第二十二圖 B 印湯止め煉瓦の熱に對する傳導性其他

第二十三圖 A 印湯止め煉瓦の剛性率決定用の偶力と歪との關係曲線

第二十四圖 B 印湯止め煉瓦の剛性率決定用の偶力と歪との關係曲線

第二十五圖 A 印湯止め煉瓦の組織の寫眞

第二十六圖 B 印湯止め煉瓦の組織の寫眞

### 附表說明(自第一表——至第十二表)

第一表 熱天秤による各種耐火粘土の灼熱減量

第二表 高爐々底煉瓦の二、三の性質

第三表 高爐々底煉瓦試験の(荷重) $\times$ (加熱速度)の關係數値

第四表 高爐々底煉瓦に就て(荷重) $\times$ (加熱速度) $\times$

(軟化點)の關係を實測せる數値

第五表 高爐々底に就て(荷重)×(加熱速度)×(軟化點)の關係を20°C毎に求めたるもの

第六表 A印及B印湯止め煉瓦の各種性質の比較

第七表 A印湯止め煉瓦の熱間耐壓強度

第八表 B印湯止め煉瓦の熱間耐壓強度

第九表 兩種(A印及B印)湯止め煉瓦の膨脹(0—1,300°C)

第十表 同膨脹(0—1,600°C)

第十一表 A印湯止め煉瓦の剛性率測定値

第十二表 B印湯止め煉瓦の剛性率測定値

## (I) 緒 言

### 内容 耐火材中使用範圍最も廣汎なるシヤモツト煉瓦の 品位決定には何が一番適當なるか

耐火材として現今使用されつゝある種類並に數量に於ては甚だ多く、工業として火熱を利用せざるもの殆んどなかるべし。近年又家庭電熱の盛に利用せらるゝに及んで普遍的に一般の人々にも耐火材の如何なるものかを汎く知られるに到れるを觀る況んや多少にても工業に關係を有する者にして耐火材の種類並に性質に對して相當の了解を有せざる者無かるべきを思ふ。

例へば使用方面に於て冶金工業の完全なる發達は爐材の優良なる産出と相併行せざれば其の目的を達するを得ず、或は吾人の日常生活に缺くべからざるセメントは何によつて製造さるゝや是れ高温耐火性の回轉窯によつて焼成製造せらるゝものなるや周知の事實なり。次に硝子器具は總べて耐火性槽、窯或は坩堝によつて初めて原料の熔融を行ひ製品となるに到るを得べし更に汽車、汽船の運行は石炭、油其の他の燃料によつて初めて日々其の目的に向つて運行しつゝあり、其の燃料は勿論耐火材よりなる火室内によつて初めて其の目的を達するを得べし、斯の如く數へ來らば其の使用範圍の廣汎なる蓋し枚舉し得ざるべし、此の點より觀れば耐火材が各種工業の基礎を爲す事又宜べなりと言ふべし。

従つて消費數量及び其の價格決して尠少ならず、當所製鐵所に於ても年間消費量數萬廳、價格數百萬圓に上るべし國內全般の消費價格は數千萬圓にも到るべきを信ず。

現在耐火爐材として一般に使用されつゝあるものに數種ありて夫々其の有する特質によつて各方面に應用されつゝあり、就中其の一般的にして使用應用範圍の廣く消費數量の大なるは、粘土質耐火材なるべし、従つて其の品位に對する試験或は檢定が若し現品使用前に於て相當の信據を有する事を得ば蓋し一般に其の利する所甚大なるべし。

然るに一般耐火材の品位の決定は決して完全に其の目的を達する事を得ざる至難の問題なるべし、是れ蓋し耐火爐材の使用さるゝ條件と同じ許に於て試験する事を得ざるに因るべし又同時に長き時間の實地使用結果にのみ頼るべからざる場合多し、思ふに是れ實際使用に際しては長き時間に渡つて同様の條件の許に作業し得ざるを以てなり、要するに完全ならざるも時間に於て早く試験數量に於て少なくて其の目的を達し其の品位を略ぼ決定し得る試験方法を施行せざるべからざるを思ふ。

次に粘土質耐火煉瓦の製造方法並に其の原料の性質等の考察より該煉瓦は如何なる品位のものにて

も自由に容易に製造し得らるゝ特質を有するもの也、其の意味は製造に際し特殊の結合劑の配合を要する事もなく焼成溫度の不充分なる場合と雖も質割合に堅緻となり耐火煉瓦としての或る性質を具有するに到るを以て煉瓦製造の發達順序としても最も舊くより製造使用されたるものなるべしとの想像は正當の事なるべし、更に普通耐火煉瓦と云へば該粘土質耐火煉瓦をのみ意味する場合あるに於ては更に以上の想定の誤らざるを思はしむ、従つて其の一般的の性質は迅に使用者並に製造者によつて充分に知悉せられたるものなるべく該煉瓦の使用範圍の廣汎なる並に消費數量に於て他種耐火煉瓦を凌ぐ所以の者蓋し宜なりと言ひ得べし。

然るに一方シャモット煉瓦の原料の物の品位の範圍に到つては頗る廣く尙且つ其の配合方法に於て又無數の澤山の場合あり得べく尙ほ又焼成溫度の高低何れの場合も相當に煉瓦としての外觀上の殆んど相等しき製品を製造し得るものにして該煉瓦の製造に關しては非常なる Flexibility の性質を有するものにして其の意味は製法最も簡にして素人にも製作可能なりと同時に他方に於て又該煉瓦の製法は専門家に採て最も至難とする所のものなり、反之他種煉瓦例へば硅石クローム其の他マグネシア煉瓦等は何れも使用原料に於て非常に制限せられ又製法に於て……(配合、熱處理、其の他)……殆んど一定にして最適とせらるゝ製造方法は略決定せらるゝものなり、例へば硅石煉瓦に結合劑として配合せらるゝ石灰の量は約 1—2 % に一定せられマグネシア煉瓦の焼成溫度はゼーゲル 15 番以上を要する事等殆んど一定にして不變なる製造方法に屬するものなり。

前述の如く市販シャモット煉瓦の品位に至つては多種多様にして需要者として如何なるものが最適なるかは其の使用の場所溫度使用方法等其の場合々々の情況より來る所の煉瓦毀損の原因……即ち急熱急冷に因る龜裂破損並に機械的磨滅作用或は石炭熔滓による浸融等……によつて其の生命を早く失はしむる條件を考慮し是れに對し安全なる製品の規格を製造者に提示し以て最善の製品を使用すべきなり。

シャモット煉瓦として一般に認容されたる主要なる特質としては熱に對して割合に安定なる事即ち急熱急冷に對して他種耐火煉瓦に比すれば割合に龜裂を生ずる事僅少なる事並に熱間に於ける膨脹性の少なる事及び化學的には左程明確なる酸或は苛性の性質を表示せざる事等是れなり。反之其缺點とする所の物は高溫度に長時間曝露さるゝ時は段々收縮を來たし従つて爐の天井等には使用困難なる事尙ほ若し強壓力の許に加熱を受くる場合は非常に早く其の耐火度よりは約 500°C 乃至 600°C 以下の溫度に於て已に軟化變形の現象を呈する事等即ち是なり。

前述の如くシャモット煉瓦の品位無限に多しとすれば其の選定の方法如何？ 是れ必ず來るべき必要問題なるべし (1) 耐火度なるか？ 然らず蓋し耐火度高くも低溫度に於て浸蝕せらるゝ事あり或は龜裂破損し使用に堪えざるものあり況んや耐火度の決定其のものが三角錐の製作方法即ち粉末度の細粗成型壓其の他試片加熱速度の遲速によつて變化せらるゝに到つては絕對的には耐火度のみ據るべからざる事多し (2) 氣孔率なるか？ (3) 比重なるか？ 或は (4) 熱間に於ける耐壓強度なるか？ 然ら

す是れ等區々別々の性質を包含し最後の結果として總括的に顯れ來る、熱間に於ける粘性の大小即ち是れシヤモツト煉瓦の品位決定に對しては最適最便の方法なるべしと信ぜらる。即ち粘性大なるものは優良なる耐火煉瓦として推奨すべき品位のものに屬すべし、何となれば熱間に於て粘性大なるものはシヤモツト煉瓦として優良なる種々の物理的性質例令へば急熱急冷に對する龜裂傾向度少なく(後述例示を以て反證せん)熱に對して非常に安定にして尙且つ高溫度に於て壓力ある瓦斯或は其の他の機械的磨滅作用に對する抵抗大なるべく或は石炭熔滓の浸蝕作用に對しても其の抵抗の大なるべきは考へられ得べき事實にして該煉瓦として必要なる多くの場合の必須條件を具有すればなり。

然らば粘性大なる製品は何によつて獲得せらるゝやは需要者並に製造者に對して考慮すべき必要事項なるべし然れども是れ問題の性質上深き研究と長き時間に渡る實際作業の結果とに相待つて初めて決定すべき性質に屬し一概に論及すべからざるべし然れ共勿論使用原粘土其の物の有する粘性の有無大小並に粘性餘りに無きも是れに多粘性粘土或は石英粒、蠟石粒末等の配合材の適當量を添加する事。並に製造方法例へばネカシの方法、練り方の充分なるか否や、即ち均一なる原料より製造されたるものなるや、又は燒成溫度の高低適當なりや或は均一なる燒成を受けたりや否や、等は粘性の大小を支配する主要條件たるや明かなるべし。

然れ共以上粘性誘發の原因に對する論及は事製造家の主要問題に屬し實際需要者としては簡単に製品に對する品位の決定を望むや明かなるべし茲に於てか熱間粘性の大小を知らんが爲め試験方法に於て容易に然も信據し得る程度に於て充分なる軟化點測定の方法を提示せんとするものなり。即ち該方法に因る熱間粘性の大小は次の考察によつて決定せらるべし。

軟化點測定による粘性の大小考察條項左の如し

- 一、軟化點測定試験に於て軟化始發より破壊に到る範圍の大なるものは粘性従つて大なり(後に述ぶる $\gamma$ の價の大なるもの)
- 二、軟化溫度低くして然も熱間耐壓破壊強度の大なるものは粘性又大なり(軟化點の測定と熱間耐壓強度試験とより)
- 三、軟化點測定後の試片の状態によつて判定せらる……大鼓の胴の如く中央脹れあるものは粘性大なり反之岩石耐壓試片の破壊の際の如く急に剪斷破壊せらるゝが如きものは粘性小なり(軟化點測定より)
- 四、龜裂傾向度の大小により決定せらる。

龜裂傾向度は現在認容せられたる理論に従へば次式を以て數量的に決定せるべし。

$$\text{龜裂傾向度} = \frac{(\text{膨脹率})}{(\text{溫度傳導率})^{-\frac{1}{2}} \times (\text{最大撓曲度})} \dots\dots\dots (1)$$

然るに粘性の大たるものは是れを急熱急冷するも龜裂する事少なし、何となれば假令部分的に熱的歪力生ずる事あるも容易に是れに應じ變形相應する事を得ればなり即ち撓曲度大なればなり、

従つて龜裂率の大小は粘性の大小と相對比するを知る但し數量的ならざるも容易に簡単に龜裂率の大小を判定する事を得べし。

是れを要するにシヤモツト煉瓦としての品位決定に最適の方法としては軟化點の測定を以て最もとせられ得べく次に是に附隨せる一、二の試験項目を添記せん。

#### シヤモツト煉瓦の試験項目

- (一) 耐火度30乃至33番以上
- (二) 原料生粘土のもの使用の事
- (三) 製品の材質が均一を有するか否や即ち是れは均一の燒成を受けたるか？配合及成型の方法等  
其の他に就て（軟化點測定結果が不整なるや否やによつて判定せらる）

(四) 製品が熱間に於て粘性大なるか否や、軟化點測定より決定せらるゝ前掲4項目に注意の事  
本題の研究に於て取扱はんとするものはシヤモツト煉瓦が軟化に處する狀況即ち壓力を受けたる許に加熱する時其の受壓強度と試片の加熱速度とによつて軟化に如何なる影響を及ぼすかを詳細に一種の煉瓦……當所高爐用爐底大型煉瓦……に就て研究し更に進んで實際の應用例示として製鋼用湯止め煉瓦(ストツパー煉瓦)二種の軟化點を測定し熱間粘性の大小考察より龜裂率の關係を論述し、他方直接に龜裂率を測定し以て龜裂率と熱間粘性との關係ある事を反證説明せんとす、従て前記耐火度や製品の均一性原料粘土の多粘性等に関しては本題の主要目的にあらざるべし以下章を分ちて順記せん。

## (II) 生粘土の粘り度に関する考察と爐材の軟化破壊に関する

### 機構並に其の熱間に於ける粘性の大小に就て

シヤモツト耐火煉瓦は耐火粘土の燒粉加ふるに成型に適當なる生粘土を是れに添加し目的の型に手打ち又は機械を以て成型するものなり乾燥後窯に入れ最高溫度10番乃至13番(溫度1,300°C乃至1,380)にて燒成せらる。燒粉並に生粘土の配合割合は製品の使用目的や其條件によつて種々多様に變化するものにして尚ほ又配合後の混練ネカン燒成溫度の高低其の他の操作も亦製品の目的によつて決定せらるゝものなり。

原粘土の主要化學的成分は含水硅酸礬土にして是れに不純分として多少の有機物即ち炭質物或は木質腐泥を含有せらる。例へば木節粘土、滿洲煙臺粘土の如し、或は游離硅酸を含有するもの是れ蛙目粘土に見るが如し。此の外硫化鐵礦やチタン酸並に少量のアルカリ及びアルカリ土類を含有せらるゝものなり。次に普通耐火爐材用としては 26 番乃至 34 番位の耐火度を有するもの使用さる。

原粘土は非常に微細なる粒子或は膠質物より構成せられ是れを水にて混練するに粘性を生じ乾燥せば固化するの性質を有するものなり。是れを更に乾燥して空氣中に放棄せば更に水分を吸着するものなり而して是れを加熱乾燥するに溫度 300°C 以下に於て氣化蒸發す今其の吸着水分の量を本邦各種耐火粘土並に滿洲煙臺及び復州粘土に就て測定せるに其の量及び氣化溫度等夫々第一表に表示するが如し。尚ほ第一表には右吸着水分の外に有機物並に結晶水分の量及び其れ等の燃焼分解溫度等測定表

第一表

(熟天秤による各種耐火粘土の灼熱減量表)

粘土名	I H <sub>2</sub> O (吸着水分)	II CO <sub>2</sub> (腐泥木質)	III CO <sub>2</sub> (石炭質)	IV (H <sub>2</sub> O) (構造水)	V CO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> Mg) CO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> Ca)		全減量 (%)
	盤城	3.6 (60-230°C) 3.6 (70-230°C)	5.4 (500-560°C) 4.4 (230-580)	— —	8.6(400-730°C) 9.6(380-800)	0.2(770-830°C) —	
平均	3.6%	4.9%	—	9.1%	0.2%	17.7	
伊賀	3.2% (80-230) 3.0 (60-200)	6.4 (200-540) 6.6 (180-550)	— —	6.0 (400-750) 7.8 (350-750)	0.4 (750-820) 0.3 (750-830)	16.0 17.7	
平均	3.1%	6.5%	—	6.9%	0.35	16.9	
蛙目 (水簾)	2.2%(70-230) 2.0 (60-230) 2.8 (50-220)	1.2%(230-500°C) 1.8 (220-550) 2.2 (200-560)	— — —	5.8%(470-700) 7.2 (450-740) 6.6 (450-670)	0.4 (700-780) 0.2 (740-810) 0.4 (670-720)	9.6 11.2 12.0	
平均	2.3%	1.73%	—	6.5%	0.33%	10.9	
尾張	2.0%(70-260) 2.0 (70-260) 2.6 (80-250)	5.0 (260-550) 3.4 (250-560) 4.2 (250-560)	— — —	7.0 (400-720) 9.4 (400-750) 7.8 (400-800)	0.4 (730-800) 0.4 (750-840) —	14.4 15.2 14.6	
平均	2.2%	4.3%	—	8.1%	0.4%	14.7	
朝鮮	1.6 (70-200) 1.0 (70-170) 1.6 (70-220)	0.4 (230-500) 1.6 (250-590) 1.4 (230-600)	— — —	11.4 (450-780) 9.4 (450-730) 10.6 (400-800)	0.2%(780-830) 0.2 (880-940) 0.2 (730-780) 0.2 (830-900)	13.6 12.2 13.6	
平均	1.4%	1.1%	—	10.4%	0.2%	13.1	
復州	1.4 (70-170) 1.4 (70-170)	0.6 (170-230) 0.6 (170-280)	3.2 (250-570) 1.6 (300-580)	9.8 (400-720) 15.4 (400-770)	0.4 (730-800) 0.4 (770-850)	15.4 19.4	
平均	1.4%	0.6%	2.4%	12.6%	0.4%	17.4	
煙臺	1.0%(100-200) 0.8 (100-180) 0.6 (100-180)	0.2%(200-300) 0.2 (180-270) 0.2 (180-240)	2.2%(300-600) 4.0%(350-600) 2.8 (340-600)	13.2 (400-900) 9.4 (450-830) 13.4 (400-880)	— — —	19.2 14.4 17.0	
平均	0.8%	0.2%	3.2%	12.0%	—	16.5	

示さるゝを見るべし、又含有せられある炭酸鹽類の分解量を測定表示さる。今第一表を考察するに吸着水分の量の多寡が恰も日常吾々が經驗的に認容せられつゝある本邦産各種生粘土の粘性とその順序に於て合致するを知る。生粘土の粘性に関する問題は原粘土の品位決定と密接なる關係あるべしとは何人にして最も最初の考慮に入り來る重用なる事項丈け其の粘性の本質に關して研究さるゝ事最も舊く粘土耐火材に關與せる當事者の腦裡を往來せるものなるべし然れども現在に於て未だ其の本質の簡明に到達せざるの感あり即ち膠狀質物を多量に含有するものは多粘性のものなりと云はれ或は水分添加せざれば粘性發露せざる故を以て水分の表面張力によると主張するものあり。以上の觀察に従へば粘

性大なる粘土としては各種の大きさを有する粘土粒子が最大の比重を生ずるが如き適當なる割合に於て互に相交錯抱合し従つて含有水分の表面張力の作用最も強く相働かれ得る様な状態に於て存する場合に初めてあり得べき事實なりと考へ得べし。今其の状態を考慮するに多角有稜の各種大きさの粒子の適當に相配合せられある場合に於て前述の條件を満足し得るものなりと想はる。即ち斯の如き場合は粒子互に接合接近し粒子間の接觸面積大にして氣孔度少なく従て表面張力の強大を來たし一方乾燥生粘土の吸着水分又大なるべく従つて斯くの如き粘土を水を以て混練成型せば乾燥して固化する事石の如く即ち多粘性に屬す。反之粒子の形狀丸味を帶び然かも略ぼ一樣の太さの集合よりなる粘土ありと考ふるに斯の如きは粒子間の接觸面至つて少なく氣孔度大にして従つて其の間吸着水分の量も少なくして粒子間に作用する表面張力少なきが爲め是を水を以て混練成型して乾燥するに生の間は相當の粘性を有するも乾燥せば吸着水分の量甚だしく減少せられて自然に龜裂崩壊を生ずるか然らざるも指頭を以て破碎し得らるゝ程度に所々に龜裂を發生するを見る斯の如き粘土は所謂不粘性粘土に屬するものなるべし。次に多粘性及び不粘性の中間にあるものとして朝鮮白粘土（高嶺土）及び復州粘土は是れなり、即ち粘性の性質より粘土を大別して多粘土及び不粘性並に中粘性の三つに區別し考ふるを便とすべし。

多粘性粘土が耐火材として普通の場合推奨し得べきや明かなり即ち斯の如き粘土は單味使用によつて充分優良なる製品の原粘土としての價値を有するものなり。中粘性粘土は其の耐火材用としての品位に於て多粘性に亞ぐ是れに適當なる多粘性粘土の適量配合によつて相當優良なる耐火爐材としての品位を附與し得るに非らざるか。次に不粘性粘土は耐火材としての價値最も少なく寧ろ他の使用目的に向つて應用の範圍を見出すべきか。

以上各種粘土に適當なる水分を以て是れを充分に混練し成型乾燥せば相當の強度を有する生煉瓦となるべし今是れを窯に入れて焼成するに（焼成溫度其の他本章の初めに記載）焼成溫度の適否或は其の他原粘土の取扱ひ方法等によつて固化する事恰も石の如きものあり或は又充分に固結せざるものあり。一般に焼成の結果を見るに同一の取扱ひ方法の許に於て同一溫度に焼成せば多粘性粘土は粘性少なき粘土に比すれば良く焼成固化せらるゝや明かなり。其の意味は同じ固化の程度を得るが爲めには不粘性粘土に對しては多粘性に比しより高溫度に於て焼成せざるべからざるものなり。是れ蓋し多粘性粘土は粒子間の接觸面大なる故を以て假令へ單位面積に對する粒子の固着強度小なりとするも粒子間の全固着強度は恰も同一の結果となるべし。即ち不粘性粘土に充分の焼締りを得んが爲には接觸面積少なきが故を以て其の接觸部分に於ては殆んど熔着せるの溫度に非らざるべからず。即ち其の焼成溫度高きを必要とす反之多粘性粘土に於ては若し同溫度に焼成せば餘りに熔着面積大なるを以て殆んど熔融せられたる硝子の如く耐火煉瓦としては加熱冷却に堪えざるものと化すべし従て斯の如き多粘性粘土に對してはより低溫度に於て是非焼成せざるべからざるものにして粒子間の接觸又不粘性粘土と異なり熔着の程度に非らざるを要す即ち固着の程度に於て存すべきを想定せらる。

粘土は前述の如く焼成の爲め質堅緻となり製品としては他種耐火煉瓦に比すれば耐壓強度最も大にして普通 250 乃至 300kg/cm<sup>2</sup> の強度を有するものなり。然るに今是れに例へば壓力 100kg/cm<sup>2</sup> を加へたる状態の許に加熱するに耐火度 33 番 (1,730°C) を有する煉瓦と雖も已に 980°C 乃至 1,000°C に於て軟化變形するものあり即ち其の溫度に多少の高低あるも要するに耐火度よりは 500°C 乃至 600°C も低溫度に於て粘稠狀 (Viscous State) を示すものなり是れ蓋し固着或は熔着せられたる粒子が一定の高溫度に加熱せられ然も又壓力を加へられたる爲めに互に移動し始むるに因るか而かも其の現象の爲めに於ては粒子の移動は甲乙相扶け相補ひして規則正しき状態に於て行はるゝべく是れ即ち軟化の現象なるべし、更に此の加熱軟化の状態を繼續せん終には粒子は規則正しき移動を越えて互に相去り相離るゝに至るを想定せらるべし是れ即ち耐壓破壊の現象なりと考ふるを至當とすべし。

シヤモツト煉瓦に荷重を與へ是れを加熱する場合其の軟化破壊の状態を測定するに軟化始發より破壊に至る状態に大別して二種あり一つは軟化の現象が割合に早く低溫度より始まり除々に進行しつゝ終に破壊に移るもの即ち軟化と破壊の範圍が割合に大なるもの従て軟化點測定後の試片は冷却後は是れを見るに恰も柔軟なる圓壘ゴムを上下より壓縮せる場合の如く中央大鼓の胴の如く脹れあるを實見せらるべし(第三圖参照)従て斯の如き製品の熱間耐壓強度を測定するに軟化始發溫度は低きも破壊強度は却つて強大なり即ち斯の如きは熱間に於ける粘性大なりと謂ひ得べし。反之他の軟化の状態は全く其の趣を異にし即ち容易に軟化の變形の現象を呈せずして加壓並に加熱に對しある程度迄抵抗しつゝあるも一定溫度に達すれば茲に於て急に軟化を始め然も又直に龜裂破壊の状態に入るものにして軟化始發と破壊の範圍到つて狭少なるものは是れなり今是の試片を冷却して其の形狀を検するに恰も岩石或はセメント耐壓試片の如く 45 度に近き剪斷應力の許に破壊せられたる狀を呈す(第三圖参照)従て斯の如き製品の熱間破壊強度を測定するに軟化始發溫度は高きも然も其の破壊強度は却て少なるものなり。斯の如きは即ち質堅硬なるも破壊の状態恰も岩石の如く熱間に於ける粘性従て小なりと謂ひ得べきか? 即ち粘土製品の品位決定に就て熱間に於ける粘性より大別して又次の三種に區別する事を得べし。(一)熱間粘性大なるもの(二)粘性少なるもの(三)粘性其の中間にあるもの即ち是れなり。

熱間に於ける粘性大なる製品は如何なる状態の許に於て得らるべきか是れ多粘性粘土より焼成製作せられたる製品に於て初めて其の特質を發揮し得べし蓋し前述せる如く多粘性粘土の製品は焼成溫度割合に低く粒子間の結合未だ熔着せられず互に固着の程度に於て存するを考ふれば軟化始發の容易なるを示し然も粒子多角多稜なるを考ふれば耐壓破壊強度又大なるべきを諷示するものなり。反之熱間粘性の小なるは是れ不粘性粘土よりの製品に於て始めて考へられ得べし。一樣なる大きさの丸味ある粒子が熔着の溫度にあるものは容易に軟化移動せられず是れ軟化が高き溫度に於て然も急激に起るの事實を説明するものなるべく又破壊強度却つて少なるは粒子の形狀並に集合状態より來る相互接觸の面積少なるより來るを語るものなるべし即ち熱間に於ける粘土製品の粘性の大小は又生粘土の粘性の大小(吸着水分の大小)と密接なる關係を有するものにして熱處理、配合其の他の操作により多少の

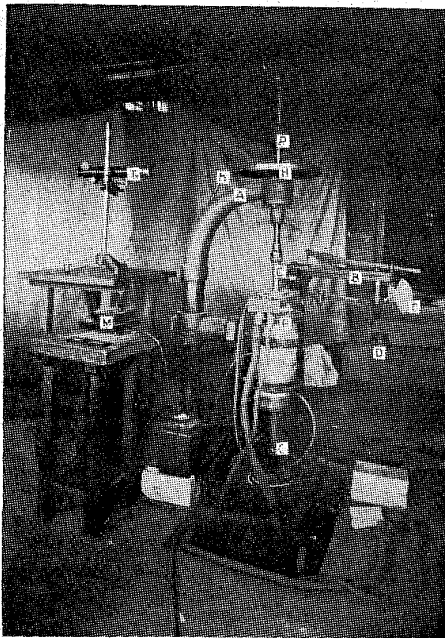


影響なしとせざるも主として原粘土の粘性によつて決定せらるべきか？

前述の如く熱間に於ける粘性の大小は軟化點の測定結果によつて判定せられ得べく又粘性の有無大小が粘土製品の品位を表示する重要な條項に屬し従つて是れより來る有用なる特質に關しては概言に於て記述せるが如し。又粘土製品に對する品位決定條件並に軟化點測定結果よりの粘性の判定規準の條項等に關しても已に第壹編に於て説述せるが如し。

### (III) 軟化點測定装置並に熱間の粘性及び軟化點の決定方法

次に順序として軟化點測定に使用せし装置及び熱間に於ける粘性並に軟化點の決定方法に就いて述べん。



軟化點測定装置は當研究所に於て著者の考案になるものなり。第一圖は装置全體の寫眞を示す。主要なる要素は次の4部分より組立てらるゝものなり。

#### 一、試片加熱爐用高溫度發生電氣爐(F)

(爐の内徑 30mm にして中央 150mm の間は均一加熱を保證するものなり而して最高溫度 2,000°C 迄達せらる)

#### 二、試片に加ふべき所定荷重を表示する臺秤(B)

三、試片に所定荷重を加ふる爲めの上下押棒(P)(C)及び(C') 是れなり但し(P)(C) は上下に昇降し(C') は固定せらる。

四、受壓及び加熱の爲めに起る試片の長さの變化を示し同時に所定せる壓力(荷重)を常に保持する様押棒(P)を

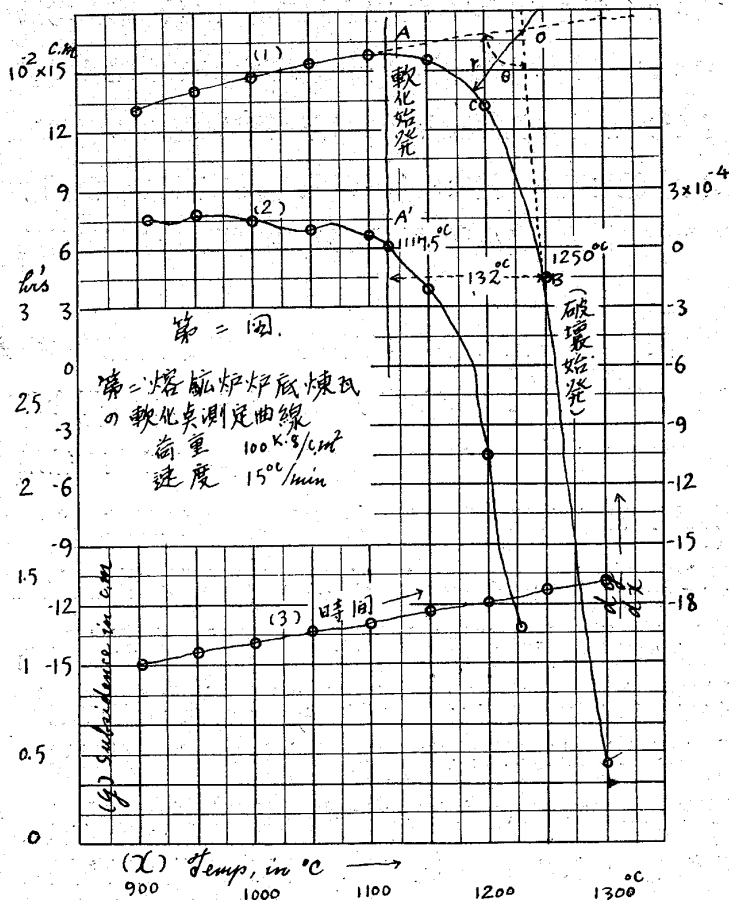
上下せしむる目盛付き車(H)等是れなり。

圖に於ける(h)は是れを回轉する事により電氣爐(F)を上下に移動せしむるハンドル。(A)は電氣爐(F)及び上方の押棒並に目盛付き車(H)を支持する腕なり(W)は加ふべき所定荷重を示す。(r)は試片に加へられたる荷重(W)が溫度上昇につれ試片及び押棒の長さの變化の爲め段々平衡を失す其の偏異を讀む目盛板なり。(T)は試片其の他の長さの變化を表示する目盛(H)を正確に讀む爲めの望遠鏡なり。(M)は爐内に於て加熱せられつゝある試片の溫度を示す高溫度計なり。

次に右装置を以て軟化點測定の操作に就て述べんに、先づ上下の押棒が一直線にある事を保證せる後試片は電氣爐内に於て兩押棒(C)及(C')間に挿入せらる此の時下方押棒(C')は固定せられ上押棒(C)を以て試片を壓す。所定荷重(W)を所定の位置に懸垂し指針(r)が零位を示す迄ハンドル(H)を除々に廻轉し其の時の(H)の讀みを求め置くべし。次に試片の溫度は爐の中央部に作られたる小穴を通じ挿入せられたる熱電對及び溫度指示計(M)に仍つて測定せらる。溫度の上昇は時間に對し直線的なる

様豫め加熱の方法を豫定し置くを要す。斯の如き準備注意の許に加熱を初むるに試片其の他(押棒等の夫れを含む)の膨脹の爲め荷重(W)は増加せられ指針(r)は偏異せらる是の時直に(H)を除々に回轉して押棒を緩め(r)をして零位に復歸せしむると同時に其の時の(H)の廻轉を讀むべし然る時は零位との讀みの示差は即ち試片其の他の膨脹を表示するものなり。該使用装置に於ては(H)の周圍に刻まれたる目盛は1,000等分せられ又(H)の一回轉による押棒の上下移動は12.5mmなり仍て一目盛は0.0125mmの長さの變化に相當するを知るべし。反之溫度上昇して試片其の他が收縮を來すに到れば指針(r)は前と反對の方向に偏異せらる此の時は(H)の廻轉により上方の押棒(C)を押壓して(r)を零位に復歸せしめ所定荷重(W)を常に保持せしむる様努むべし、其の時の(H)上の目盛の偏異は又試片の收縮による長さの變化を表示するものなり。

前述の装置及び試験操作法を以て軟化點測定及び熱間粘性の決定方法の一例を示さん第二圖は當所第二熔鑛爐々底煉瓦に就て荷重100kg/cm<sup>2</sup>の許に試片の加熱速度1分間に15°Cの割合にて上昇せる時の實驗結果を示すものなり。曲線(1)は溫度と試片及其他(押棒を含む)の長さの變化との關係を示すものにして3部分より成立するを見る即ち(1)試片其他の膨脹する部分(試験始發より(A)迄



是れなり)。 (2)試片の收縮と上下押棒の延びと相殺し全體としての長さの變化が現はれざるに至る溫度(A)點と及び是れより段々に試片の收縮甚だしく現れ來たり終に破壊に入らんとする迄の點(B)點との範圍即ち軟化收縮より破壊に至る迄の範圍(A)―(B)迄是れなり。(3)軟化より破壊に入らんとする點即ち(B)點より試片は既に破壊の状態に入らんとするものにして以上3部分より成立つと見る事を得べし。又曲線(2)は各溫度に於ける長さの變化率(1°Cに對する)なり即ち曲線(1)に對する正切曲線にして今溫度を(x)を以て表はし又長さの變化を(y)を以て示せば  $\frac{dy}{dx}$  は是れを示す。是の曲線に於て(A')點は  $\frac{dy}{dx}$  が零なる點即ち長さ

の變化がなくなり始めの點にして是より其の値は負となり試片は益々收縮を來たすを見る(A')點は即ち試片の收縮と上下押棒の膨脹とが相殺するの點にして(A')を以て軟化始發點となす事を得べし。曲線(3)は試片加熱溫度と時間との關係を示すものにして圖に示す如く殆んど直線的に溫度上昇

せらるゝを見る是れ實驗者の熟練によつて容易に達し得らるべし。

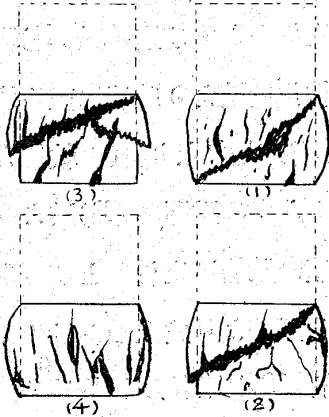
第二圖曲線(1)及(2)に於て(A)は軟化始發溫度にして(此の際 1,118°C なり) 是れより試片の軟化收縮は曲線(2)に見る如く段々増加しつゝ終に破壊の状態 (B) に入り茲に於ては煉瓦構造の粒子は互に相分離し始むるの溫度にして従つて其の收縮の量に於ても該點に入つて急激に増加し尙ほ且つ其量に至つても殆んど一定なるを見るべし是れ蓋し (B) 點が破壊始發點と認め得るものなりと云ひ得べし其溫度 1,250°C なり又軟化より破壊に移る範圍約 132°C なり熱間に於ける粘性大なるものが該範圍の大なるべきは明かにして是を以て熱間に於ける粘性率の比較基準となし得べし。

次に曲線 (1) に於て軟化始發溫度に達する迄の曲線の方向延長と破壊状態に入れる後の曲線の方向延長との交點(O)より角( $\theta$ )を二等分する線を引き、曲線(1)との交點(C)を求むべし然る時は直線(O)→(C)は前記軟化より破壊に至る範圍(A)→(B)に比例して變化するが如き性質を有し今是を(r)を以て示せば是れ即ち熱間に於ける粘性比例量を示すものにして是れを熱間粘性率と約言し時に粘性比較の量として便利の場合あるべきを信す。

以上の方法を以て各種爐材の軟化點を測定するに測定後是を冷却して其形狀を觀るに多種多様なるが如きも是れを大別するに略ぼ第三圖に示すが如く 4種何れかに屬するを知る。圖に於て(1)(2)及び

第三圖

軟化點測定後の標準的形狀四種  
(實線は原形を示す)



(3) は何れかと云へば粘性少なくして急激に破壊するが如きものに屬し(3)(2)及び (1)の順序に粘性除去せる場合に發見せらるゝが如し、反之多粘性試片の軟化點測定後は (4)の形狀を探るを見る。該試片の形狀の如何によつて粘性の多少を測定し得る事前篇に於て已に説述せり。

軟化點測定に際し最も注意を要すべき事項の一つは試片採取の方法是れなり蓋し其方法如何によつては測定結果の不整を來たす場合あるべきを信す、次に試料採取の方法に充分注意を以てするも其の結果に不整を來たす場合多し是れ即ち試片採取の方法よりも製品其のものゝ品質が均一性を缺けるを示すものにして如斯は其の製作の際配合方法成型操作並に焼成の均一ならざりし等に因るものにして製品としては

優良なる性質を缺く事を表示す又斯の如き製品の破面を見るに所々に氣孔及び裂罅を發見さるべし即ち軟化點測定結果によつて又製品の均一性をも測定し得る規準を與ふることを知るべし。試料採取に際しては例へば外縁より一定の距離にある場所を豫定して試料を採取すべし。是れ焼成の場合同一溫度に曝露され同一品位に於いて存すべきを豫想さるゝを以つてなり尙ほ又試片切り後龜裂や皺壁を發見せられたる試片は、全部採用せざる事とせり。試片の寸法は直徑及び高さ、夫々 20mm×30mm なり。

(IV) 高爐々底用シャモット煉瓦の軟化點に及ぼす荷重  
及び加熱速度の影響に就て

耐火煉瓦が荷重の許に高温度に於て軟化變形する際は荷重大なるに従つて軟化早く又更に是れを加熱する速度の大小によつて軟化温度が甚だしく影響せらるゝ事は豫想せられ得べき事實にして本篇に於ては當所第二高爐々底用として製作せられたる大型シャモット煉瓦に就て其の品位決定の意味以外に是等の影響に就て詳細研究せんとするものなり。該煉瓦の耐火度及び比重、氣孔率等第二表に示すが如きものなり。

	第 二 表		氣孔率	耐火度
	假比重	眞比重		
第二高爐々底用大型シャモット煉瓦(主要原料は復州粘土?)	2.077	2.798	25.768%	34番=1,750°C
研究所製シャモット煉瓦(復州粘土單味)	2.050	2.812	27.098末	34番=1,750°C

尙ほ一般に耐火煉瓦の軟化點に及ぼす影響として考へらるべき條項は次の如く云ひ表はし得べし。

$$\text{Softening} = F(\text{Load}) \times (\text{Temp-rise}) \times (\text{Material}) \times (\text{Size \& Form})$$

然るに今材質及び軟化點測定用試片の形狀寸法は已に一定せられあるを以て本篇に於ては主として荷重並に加熱速度の影響に就て其の狀況を究めんとするものなり。

前述の目的を達せんが爲め第三表に示すが如き種々の荷重及び加熱速度の許に軟化點を測定する事次の如し。

* 第 三 表 (荷重)×(加熱速度)の表					
荷 重	20kg/cm <sup>2</sup>	40	60	80	100
加熱速度	3°C/min	5	10	15	—

即ち5種の荷重に夫々4種の加熱速度を組合せ施行測定せり尙ほ各々軟化點決定に於ては3回の試験を行ひ其の内にて最も値の偏異せるものは除去し相近き良實驗結果を以て其の時の(荷重)×(速度)に相當する軟化點として採用せり従て全實驗回數は前後60回に及べり即ち試片の數60個なり試片製作に約月餘を要し又1回の試験施行は何れも約1日を要せしを以て試験の爲め約2ヶ月従て都合3ヶ月にて初めて一通りの實驗を完結せらるゝも途中爐其の他附屬品の修理補正の爲め相當長時日を要し右第三表に示す(荷重)×(加熱速度)の組合せの試験完成には約6ヶ月を要したり右参考の爲め附記する事とせり。

以上の各種荷重及び加熱速度の組み合せの許に前記當所第二高爐々底用大型シャモット煉瓦に就て軟化點を測定せるに各々に就いての加熱温度と試片長さの變化及各温度に於ける長さの變化率を示す曲線左の如し。

第 四 表

荷 重 速 度	* 120kg/cm <sup>2</sup>												
	0	20	20	20	40	20	60	20	80	20	100	20	
3°C/min	1,270°C	100	1,170°C	70	1,100°C	30	1,070°C	20	1,050°C	35	1,015°C	18	996.5°C
2 5°C/min	24	105	19	54	35	40	25	35	10	20	25	19	24
5 10°C/min	16	90	21	65	20	38	22	27	30	15	35	18	37
5 15°C/min	10	77	23	60	27	26	40	22	45	57	43	13	47
	1,310	1,294	1,220	1,189	1,155	1,135	1,117	1,095	1,060	1,090	1,075	1,057.5	1,021
	1,320	1,320	1,242.5	1,182.5	1,157	1,135	1,117.5	1,090	1,060	1,035	1,017.5	996.5	971.5

N. B. \* Exter polotion

太字は上下、或は左右夫々兩者の差を示す。

第四圖 (No.1—No.5)

1 分間の加熱速度 15°C (加熱速度一定)

荷重20kg/cm<sup>2</sup> 40—100(荷重 5種)

第四圖 (No.6)

以上荷重と軟化始發溫度との關係を示す圖

第四表 是の軟化點の數値は又第四表に一括表示さる。

第五圖 (No.1—No.5)

1 分間の加熱速度 10°C (加熱速度一定)

第五圖 (No.6)

以上荷重と軟化始發溫度との關係を示す圖

第四表 是の軟化點の數値は又第四表に一括表示さる。

第六圖 (No.1—No.5)

1 分間の加熱速度 5°C (加熱速度一定)

第六圖 (No.6)

以上荷重と軟化始發溫度との關係を示す圖

第四表 是の軟化點の數値は又第四表に一括表示さる。

第七圖 (No.1—No.5)

1 分間の加熱速度 3°C (加熱速度一定)

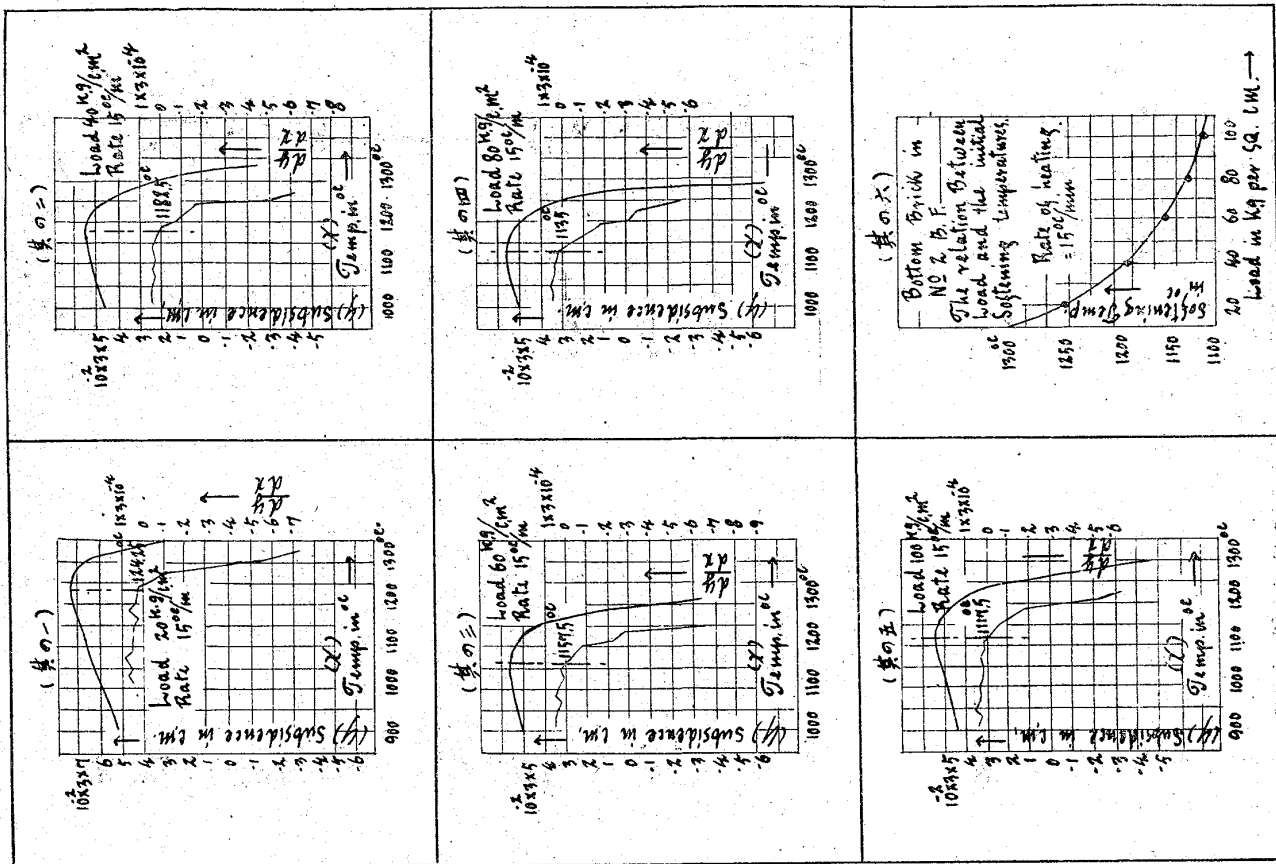
荷重 20kg/cm<sup>2</sup> 40—60—100 (荷重 5種)

第七圖 (No.6)

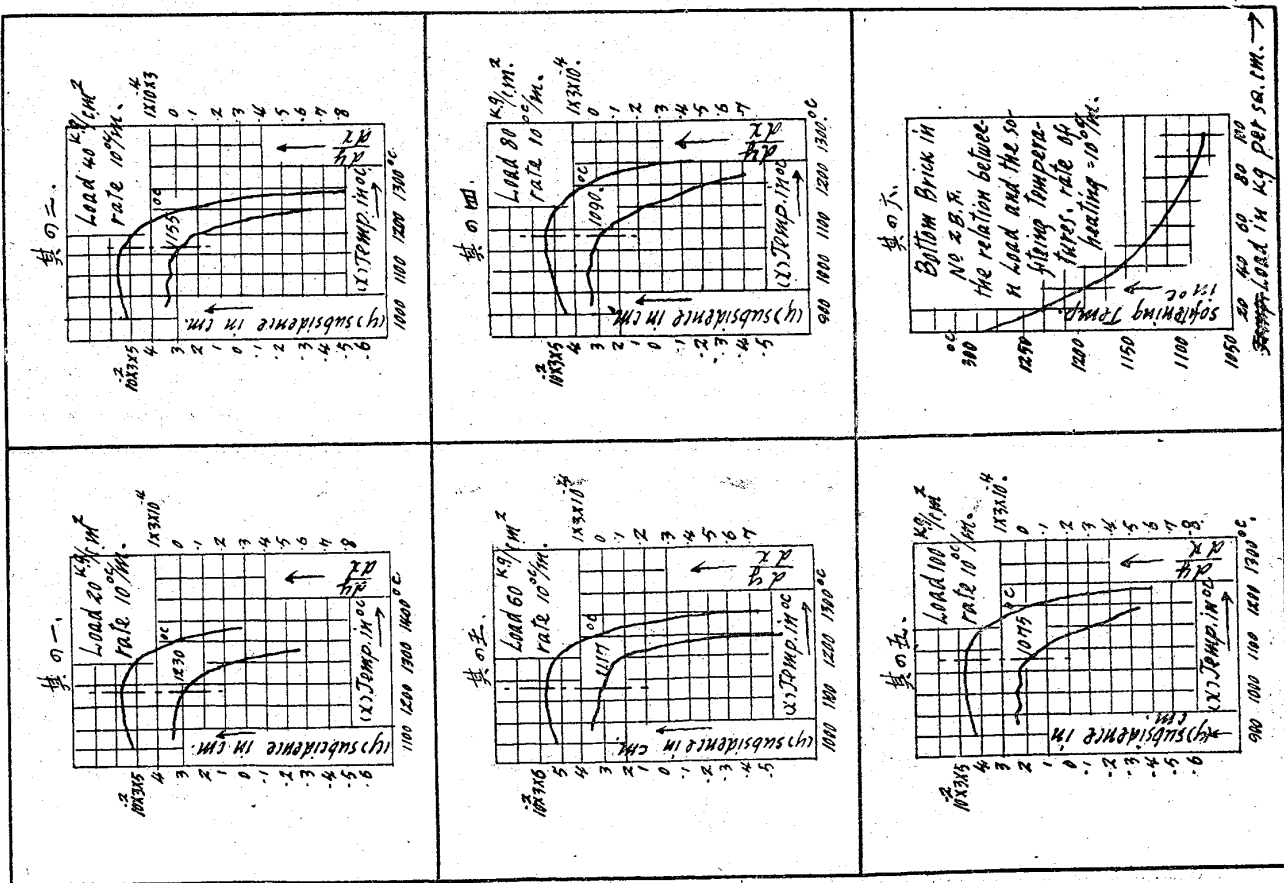
以上荷重と軟化始發溫度との關係を示す圖

第四表 是の軟化點の數値は又第四表に一括表示さる。

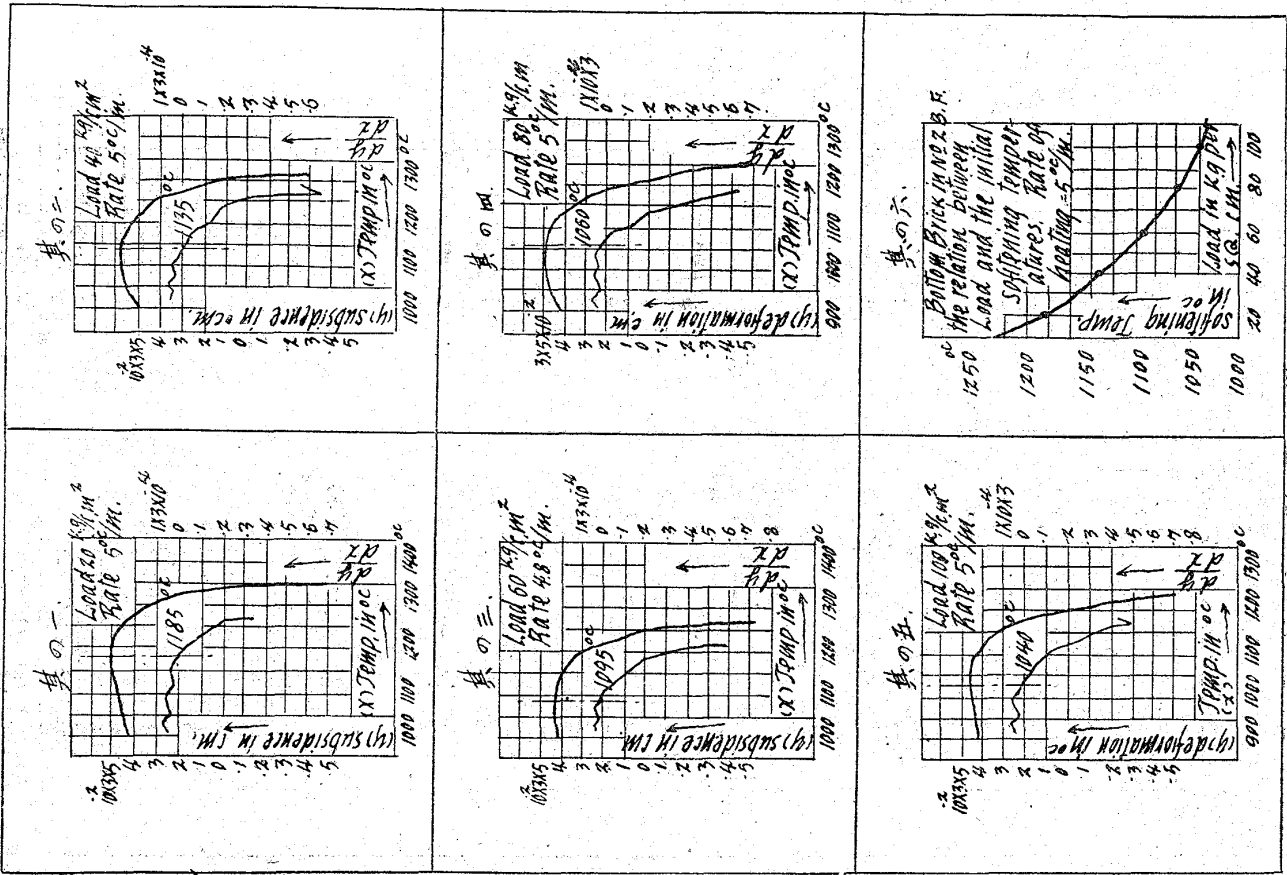
第四圖 荷重による軟化點の變化—加熱速度 = 15°C/min



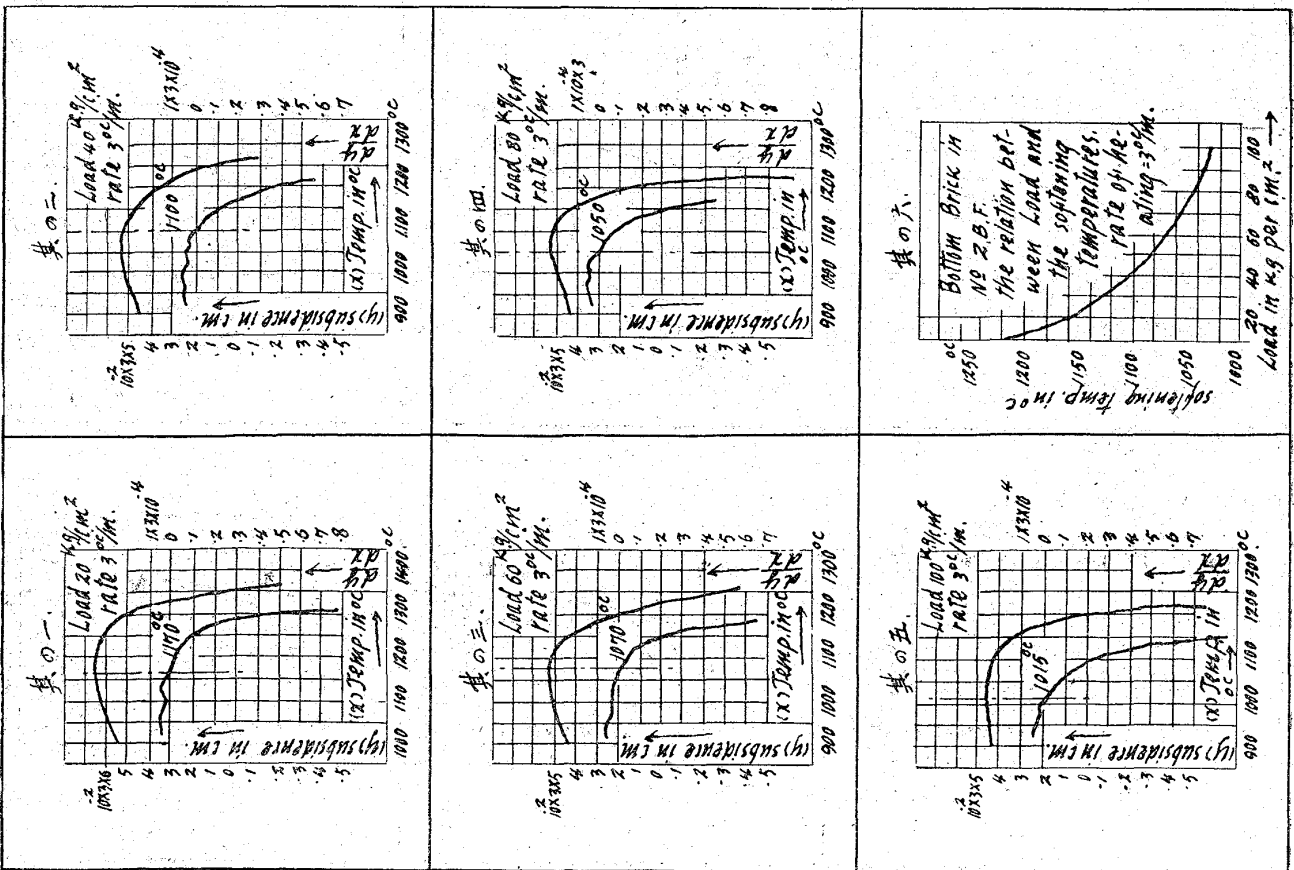
第五圖 荷重による軟化點の變化—加熱速度 = 10°C/min



第六圖 荷重による軟化點の變化—加熱速度=5°C/min



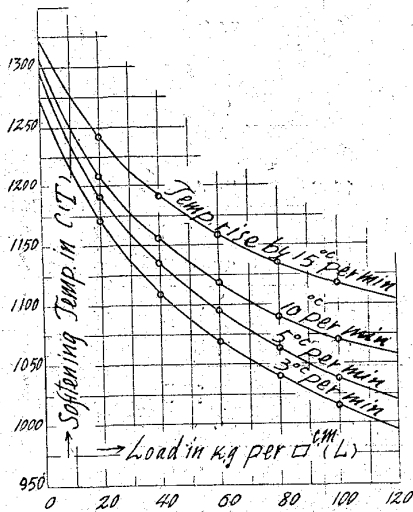
第七圖 荷重による軟化點の變化—加熱速度=3°C/min



第 八 圖

以上(荷重5種)×(加熱速度4種)都合20種に就ての軟化始發溫度測定の結果は前記第四圖第五

第八圖  
 加熱速度を一定し荷重を變化  
 せる時の軟化溫度との關係



圖第六圖及び第七圖に圖示せり又第四表に其れ等の實驗數値を表示し置けり。便利の爲め今是れを一括して(荷重)×(加熱速度)及び(軟化始發溫度)との關係を求むるに第八圖是れを示す圖に於て横軸は荷重を示し縦軸は軟化始發溫度を示す。其の結果を概記せば次の如し。

- 一、耐火度 33 番即ち 1,730°C なるに試験せる何れの加熱速度及び荷重の際に於ても甚だしく低溫度に於て軟化始發するものなり。
- 二、20種の(荷重)×(加熱速度)の組み合わせの結果は第八圖に示すが如く荷重及び加熱速度の爲めに圓滑なる狀況に於て變化する事を見るに從つて該試片は製品としては一樣なる製作品位を有せるものなり。
- 三、徐々に加熱するだけ低溫度に於て軟化始發するを見る又荷

重増加するに伴れ何れの加熱溫度に於ても益々軟化溫度低下し。最大荷重 120kg/cm<sup>2</sup> 及び最緩加熱速度 3°C/min の場合其の軟化始發溫度は 9,97°C にして耐火度 1,730°C より低き事 733°C なり。

四、荷重大なるに伴れ試片加熱速度の影響大なり即ち耐火度試験の際の如く自重による軟化溫度の如きは從つて加熱速度の影響割合に僅少なる事を教ふるものなり然れ共高爐々壁煉瓦並に同熱風爐蓄熱煉瓦の如く非常に高く積まれ荷重大なるものは加熱速度の影響大なり。

五、荷重の變化による軟化始發溫度の變化即ち  $\frac{\Delta T}{\Delta L}$  の値は第四表及び第八圖に見て明かなる如く(第八圖曲線への正切なり)何れの加熱速度に於ても荷重の増加するだけ其の影響益々減少なり例へば加熱速度 3°C/min の時初めの 20kg の増加は軟化點の降下 100°C なるに 100kg より 20kg 増加し 120kg の荷重に對しては僅か 18°C なり。

六、耐火度測定の際は荷重殆んど零と見て宜敷場合の軟化に類似す。然るに耐火度は 1,730°C なるに第八圖に於て荷重零とせる場合の軟化始發溫度は是れに比すれば前記の如く 700°C 以上も低し是れ軟化始發溫度は内部粒子の結合が些少の移動でも生じたる所謂移動の始發溫度なるに反之耐火度測定に於ては試片の形狀安定なるに加へ尙ほ且つ耐火度指示の標準は上方約 1/3 が相當傾斜せる場合を以て耐火度と規定せられたるものにして軟化始發溫度よりも高く顯はるゝや明かなり。



第五表

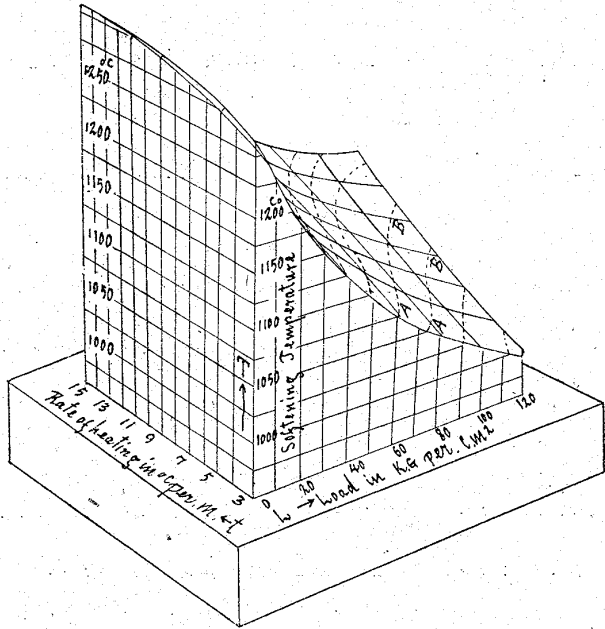
速度 軟化溫度	3°C/min		5°C/min		10°C/min		15°C/min	
	2°C	5°C	5°C	5°C	5°C	5°C	5°C	5°C
20°C 1,300	—	—	—	—	1.1kg/cm <sup>2</sup>	2.9	4.0kg/cm <sup>2</sup>	—
20 1,280	—	1.5	1.5kg/cm <sup>2</sup>	2.5	2.9	4.0	4.9	8.9
20 1,260	1.2	2.8	2.5	3.5	3.5	7.5	6.8	5.4
20 1,240	1.2k.g/cm <sup>2</sup>	4.0	3.6	4.0	4.1	11.6	9.2	14.3
20 1,220	2.8	4.0	3.6	4.4	4.1	11.6	9.2	6.5
20 1,200	3.4	7.4	4.6	4.4	5.2	16.8	11.6	7.6
20 1,180	4.4	11.8	5.0	4.8	5.8	22.6	17.4	8.6
20 1,160	5.1	16.9	5.9	6.0	6.9	29.5	18.0	10.5
20 1,140	6.0	22.9	7.1	7.3	8.0	37.5	22.5	12.5
20 1,120	6.7	29.6	8.4	8.0	9.5	47.0	28.0	15.0
20 1,100	7.9	37.5	9.6	9.1	11.3	58.3	37.7	21.0
20 1,080	8.7	46.2	11.3	10.4	13.7	72.0	—	—
20 1,060	10.1	56.3	13.2	12.0	17.8	89.8	—	—
20 1,040	11.6	67.9	15.7	14.1	25.8	111.5	—	—
20 1,020	13.7	81.0	19.0	16.4	—	—	—	—
20 1,020	15.6	96.6	—	—	—	—	—	—

太字は上下或は左右夫々兩者の差を示す。

第五表は又今求められたる (荷重)×(加熱速度) 及び (軟化始發溫度) の關係を示せる第八圖より求められたるものにして加熱速度夫々 3°C/min 5—10 及び 15°C/min の時に軟化始發溫度 20°C の差を生ずる爲めの夫々荷重にして兩數値の間の太字は是れを挟む兩者の差を示すものなり (第五表参照)又第九圖 (其の一、其の二)は第五表の數値を模型にて現はせるものなり圖に於て高さは軟化始發溫度 (T)を示し縦横二軸は夫々荷重(L)及び加熱速度 (t)を表はすものなり今此の模型に於て 加熱速度(t)を一定として(T)及び(L)平面に平行に切れば第八圖を得らるべし。

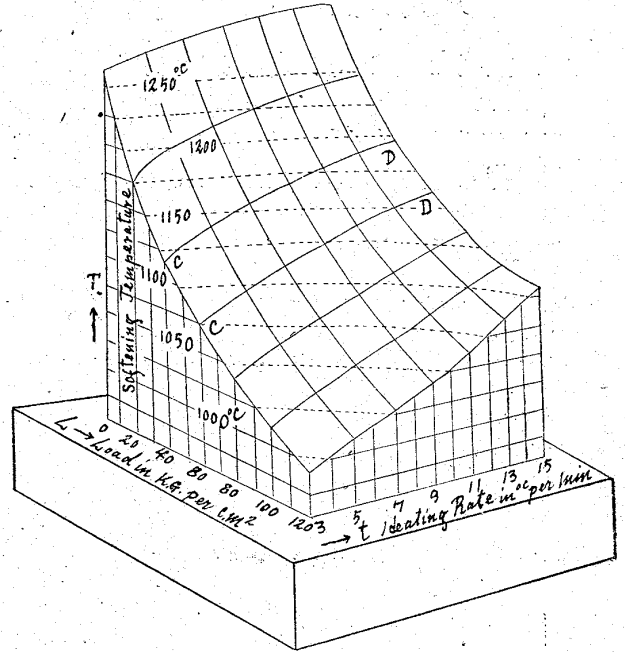
第九圖(其の一)

(軟化)×(加熱速度)×(荷重)の關係を示す模型

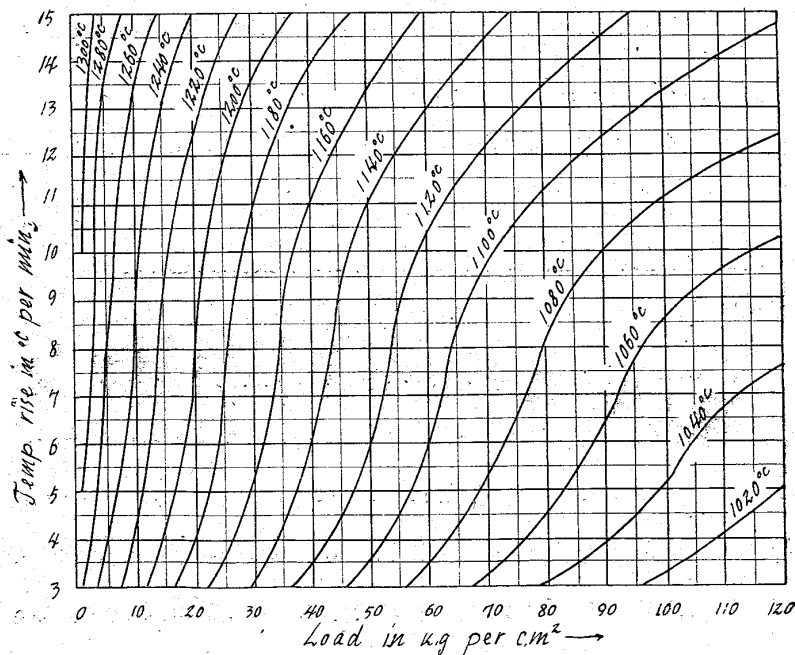


第九圖(其の二)

(軟化)×(加熱速度)×(荷重)の關係を示す模型



第十圖  
軟化溫度を一定ならしむる爲めの荷重と  
加熱速度との關係  
模型の鳥瞰圖即ち  
(4)の方向より見たる圖  
熱荷の各軟化溫度に於ける軟化始發が加熱速度  
によって遞下するを示す。



今模型第九圖(其の一、其の二)に於て軟化溫度(T)を一定として(T)軸に直角に切れば第十圖を得らるべし即ち模型の鳥瞰圖にして第九圖其の二に於ける曲線AB是れなり是れ軟化溫度を一定ならしむる爲めの荷重と加熱速度との關係を示すものなり該圖を利用すれば左記の結果を又容易に了解する事を得べし!!

- (一) 同じ溫度で軟化せしむる爲めには荷重が若し増加すれば加熱速度も曲線に沿ふて増せば常に一定溫度で軟化す。
- (二) 荷重の影響がよく判明す。即ち荷重小なるだけ曲線が立つてをる是れ荷重小なるだけ加熱

速度の影響が少なるを示すものにして若し垂直ならば殆ど加熱速度には關係なく耐火度測定の場合

合等は即ち是れに屬すべし。

三、同じ荷重の許に於ても緩徐なる加熱は早く軟化を惹起す是れ荷重の軸に垂直なる線と曲線の交りによつて明かなり。

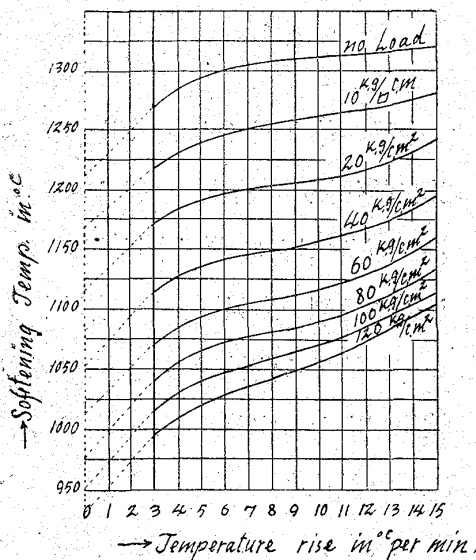
四、加熱速度一定で軟化點の差を例へば 20°C 丈けを起す爲めには荷重の増加と共に其の荷重を烈敷く増加せざるべからず。

(五) 荷重一定の時軟化始發溫度を 20°C 丈け變化さす爲めには荷重小なる丈け加熱速度を烈敷く變化せざるべからず。

(六) 一定の軟化溫度を生ぜしむる爲めには荷重の變化の爲めの加熱速度の變化即ち  $\left(\frac{\Delta t}{\Delta L}\right)$  の値は曲線への正切にして是の値は荷重小なる時は小にして荷重と共に大となり次に又小となるを見る。

第十一圖

第十一圖  
荷重一定なる時加熱速度と軟化點の關係



今模型第九圖 (其の一、其の二) に於て荷重一定の平面にて切れば第十一圖の曲線を得べし。是れ第九圖其の二に於ける曲線 CD 即ち是れなり。圖は即ち荷重一定なる時加熱速度を變化する時從つて軟化始發溫度に如何なる影響を及ぼすかを示すものにして次の結果を推知するに便なり!!

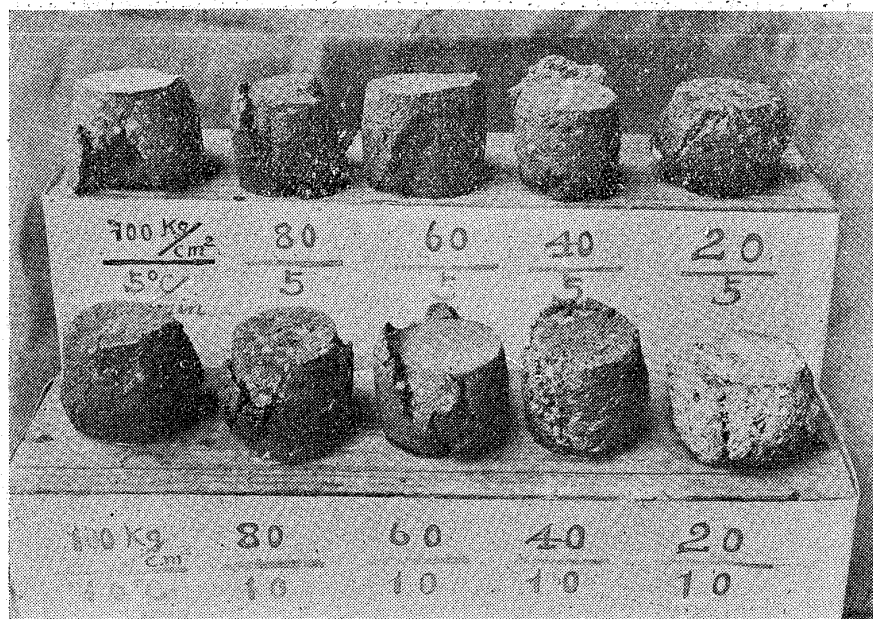
- (一) 煉瓦を高く積みば即ち荷重増加する丈け軟化始發早し。
- (二) 煉瓦積みの高さ一定即ち荷重一定なる時に於ても加熱速度緩徐なれば從つて軟化始發の溫度又低し其の狀況曲線に沿ひて變化するを見る。
- (三) 加熱速度一定なる時に於て荷重 20kg 丈け變化せば軟化の影響は荷重小なる丈け烈し。

(四) 今曲線を延長して加熱速度零の時即ち無限に長く保持する時の軟化始發溫度を求むるに同じ荷重に於ても其の軟化非常に早し例へば荷重無き場合に於ても加熱速度 15°C/min の時は 1,320°C にして一定溫度に長く保持する時は 1,208°C に於て已に軟化し其の溫度の差約 112°C なり。

(五) 荷重一定即ち煉瓦積みの高さ一定の時加熱速度の變化(Δt)の爲めの軟化溫度の變化(ΔT)即ち曲線への正切  $\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)$  は加熱速度小なる場合大にして尙ほ加熱速度 12°C-15°C の場合又大なり然るに 3°C-12°C/min の加熱速度の範圍は其の値小にして然も加熱速度の遲速は大なる影響を軟化溫度に及ぼさざるを見る其影響範圍又落重によつて一定せらるゝ事第十一圖参照せらるべし。

軟化點の測定に使用せし試片の數は前記の通り 60 個なり測定後の試片の形狀は種々多様なるも是れを大別すれば前記第三圖の如く略ぼ 4 種に區別せらるゝを見るべし第十二圖は加熱速度 10°C/min

第十二圖



及び  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  の時荷重夫々 20、40、60、80 及び  $100\text{kg}/\text{cm}^2$  の許に軟化點測定後の試片の實物寫眞にして第三圖標準的試片の何れかに類似せるを見るべし。

(V) 製鋼用湯止煉瓦二種への應用として熱間粘性の比較並に其の品位決定

前篇に於て我々はシヤモツ

ト煉瓦……高爐用爐底煉瓦……に就て是れが荷重の許に置かれたる場合は非常に低溫度に於て軟化する事を知れり尙是れを加熱する速度の遲速によつてシヤモツト煉瓦が如何なる狀況を採るかをも知れり尙ほ更にシヤモツト煉瓦は以上の如く他種煉瓦に比すれば容易なる軟化性を有し従つて其の軟化性を利用し軟化に處する性狀如何によつて其の品位を決定する事は最も適當なる手段にして即ち軟化點測定の際の熱間粘性の大小がシヤモツト煉瓦の檢定の基準を與ふるものなり。

次に製鋼用湯止め煉瓦二種へ此の決定法を應用し以て兩者の品位に對し良否の判定基準を與ふる例示を示さんとす。湯止め煉瓦二種の試片の中一つは主配合として多粘性粘土よりなるものにして耐火度約33番を有し外觀は白色を呈するものなり他は何れかと言へば中粘性に屬する粘土より成るものなり耐火度約34番にして外觀は薄桃色を呈するもの是れなり。

製鋼の能率は注湯作業の完全に遂行し得るや否やに因る事大なり若し注湯中湯止め煉瓦龜裂破損の爲湯の漏洩するが如き事あらば直接湯の損失あるは勿論作業従事者に對しては精神的に危惧の念を生じ間接に製鋼作業の圓滑なる操作をなすを得ずして其の能率に至大の影響を及ぼすや明かなり従て湯止め煉瓦の品質は最上のものを以て供給せられ其の原粘土配合方法、成型方法或は窯の燒成方法等に於て最全を期し以て其完全を切望するものなり次に湯止め煉瓦の品位として最も必要なる事項は急熱急冷に際し龜裂破損せざると同時に注湯口の餘りに磨損擴大せらるゝ事なく或は反對に湯の爲め閉塞せられざるを要するものなり然るにシヤモツト耐火材としては湯口は閉塞さるゝの患全く無く湯口磨損せらるゝを普通とす反之マグネシア耐火材よりなる湯止め煉瓦は時々注湯の際閉塞せらるゝ事あり是れマグネシア耐火材は熱の傳導率大にして湯口通過中湯の溫度急に低下せられ爲めに附着固化するに因るものなり。

次に熱間に於て粘性大なるものは従つて龜裂率少なる事を前言せり又機械的磨滅作用に對する抵抗も大にして湯止め煉瓦の品位決定としては軟化點測定による粘性の比較によつて充分に其の目的を達成し得るや明かなり。

次に二種の湯止め煉瓦に就て軟化點を測定し兩者の熱間大小を比較せんとす。外觀白色を呈する試片を(B)とし薄桃色を呈する試片を(A)とす。(A)試片は耐火度34番にして(B)試片は其の耐火度33番なり。然るに(A)試片の湯止め煉瓦は注湯中時々龜裂破損して注湯作業の能率低下せらるゝ事多し是れ湯止め煉瓦の品位決定としては單に耐火度を以てのみ判定し得ざるを語るものなり。本篇軟化點測定の施行目的は兩者熱間粘性の比較に存するを以て其の目的達成に充分なる程度に於て其の測定

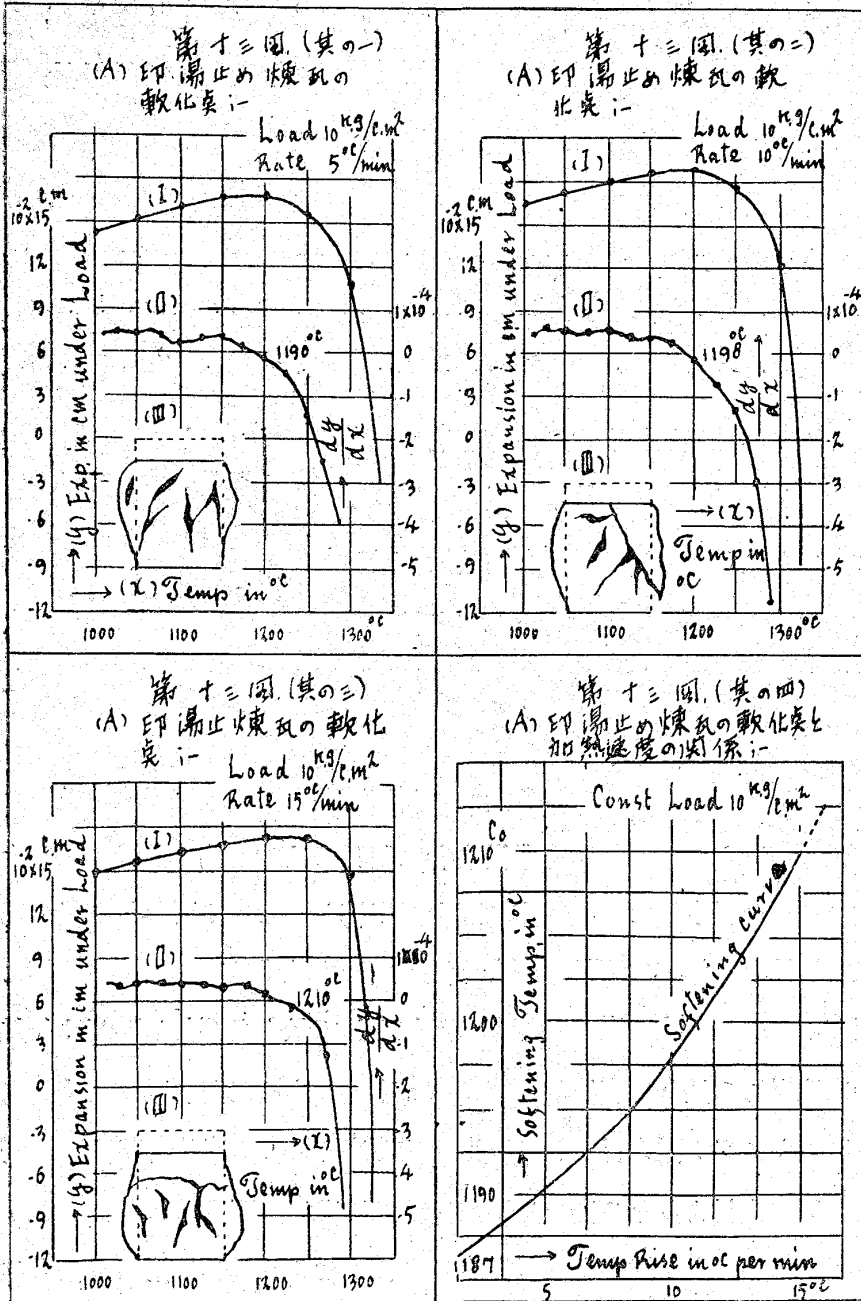
回数を限定せり即ち荷重は常に  $10\text{kg/cm}^2$  にして加熱速度  $5^\circ\text{C/mim}$  及び  $15$  の3通りを選定試験せり試験に使用せし装置操作方法其他試験片採取方法等前述に準ず。

試験の結果左に説述せん。

第十三圖(其の一~其の四)

第十三圖(其の一~其の四)

第十三圖及び第十四圖は夫々(A)及び(B)印の2種湯止め煉瓦の軟化點測定の結果を示すものなり圖に於て曲線(I)は加熱温度と試片及び押棒の長さの變化との關係を示すものなり又曲線(II)は各温度に於ける長さの變化率を示すものにして従て其の價が零になる温度が軟化始發温度を表示するものなり又(III)は試験後試片を爐内に緩冷却したる後の破壊状態を示す圖にして點線は試片の原形寸法なり。第十三圖、第十四圖の其



第 六 表

(A) 印及(B)印湯止め煉瓦の比較表 (其の一)

品名	外 觀	假比重 (20°C)	真比重 (20°C)	氣孔率 (20°C)	膨 脹 率 (Fig1及Fig2)	膨脹(Fig 3.4)			溫 度 傳 導 率	
						500°C	1000°C	1400°C	k at500°C	$\sqrt{k}$ at500°C
(B)	白 色	1.891	2.601	27.24%	$5.00 \times 10^{-6}$ at 500°C	0.3%	0.58%	0.66%	$5.3 \times 10^{-3}$ in C.G.S. unit	$7.3 \times 10^{-2}$ in C.G.S. unit
(A)	薄桃色	2.011	2.814	28.71	$5.25 \times 10^{-6}$ at 500°C	0.36%	0.63%	0.75%	$7.3 \times 10^{-3}$ in C.G.S. unit	$8.5 \times 10^{-2}$ in C.G.S. unit

其 の 二

品名	加壓(10kg/cm <sup>2</sup> )の許に於ける 軟化溫度 Fig 7(4) 及び 8(4)			剛 性 率 (at 20°C)	急 熱 急 冷 の 龜 裂 傾 向 度 (at 500°C)	同龜裂傾 率傾向 度の比	龜裂を生 ぜざる安 全加熱速 度の比
	加熱速度 5°C/min	加熱速度 10°C/min	加熱速度 15°C/min				
(B)	1070°C (Fig 8(1))	1080°C不用 (Fig 8(2))	1092°C (Fig 8(3))	$1.36 \times 10^8$ kg/cm <sup>2</sup>	$5.25 \times 10^{-6} / 8.5 \times 10^{-2} \times 1.36 \times 10^8$ $= 9.325 \times 10^4$	1	1.73倍
(A)	1190°C (Fig 7(1)) (120°C 高)	1198°C不用 (Fig 7(2)) (118°C 高)	1210°C (Fig 7(3)) (118°C 高)	$2.61 \times 10^8$	$5 \times 10^{-2} / 7.3 \times 10^{-2} \times 2.61 \times 10^8$ $= 16.1 \times 10^4$	1.73倍	1

の四は夫々(A)及び(B)印湯止め煉瓦の荷重 10kg/cm<sup>2</sup> の許に加熱速度によつて其の軟化始發溫度如何に變化せらるゝかを圖示するものなり。

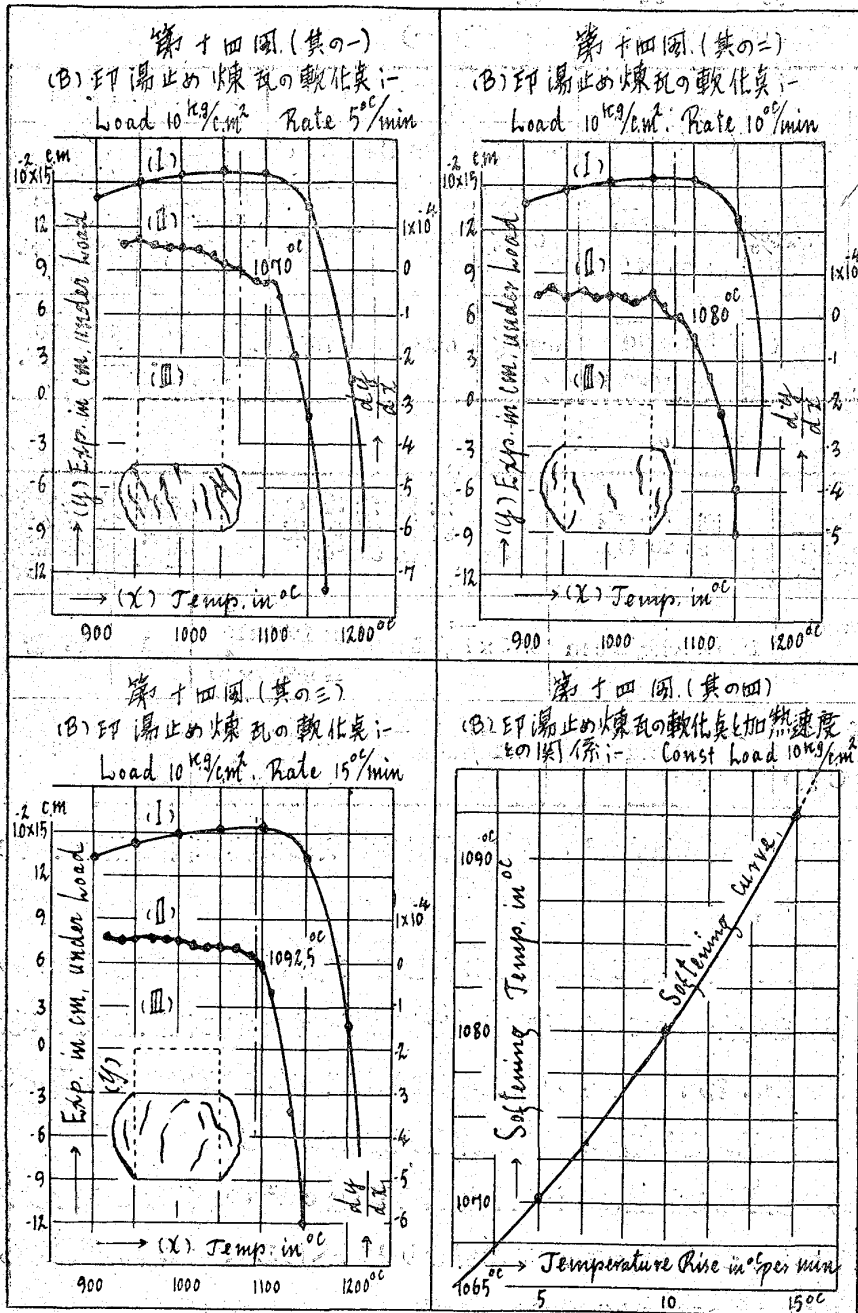
測定の結果を見るに 10kg/cm<sup>2</sup> の受壓の許に於て即ち比重 2 として (第六表参照) 高さ 50m の煉瓦積みの最下底の煉瓦の受壓に等しき場合に於ては加熱速度の如何に關せず非常に低溫度に於て軟化變形し始むるものなり(第十三圖其の四、第十四圖其の四及び第六表参照の事)耐火度夫々 1,750°C 及び 1,730°C に比すれば其の差數百度に及ぶを見るべし次に結果を列記せん。

(一) 兩種共に加熱速度の低下即ち緩徐なる加熱に伴れ假令荷重は 10kg/cm<sup>2</sup> の一定なるに拘らず軟化始發溫度は益々早きを見るべし。長時間一定溫度に保留せりと考へらるべき加熱速度零なる時の軟化溫度と 15°C/min の加熱速度の時の軟化溫度との差は

	長時間保留の時の軟化溫度	同加熱速度15°C/min	差
(A)	1,187°C	1,210°C	23°C
(B)	1,065°C	1,093°C	28°C

(二) 荷重 10kg/cm<sup>2</sup> の許に加熱速度夫々 5°C/min 10 及び 15 の際兩種湯止め煉瓦の軟化始發溫度及び其の差は第六表に示すが如し即ち

加熱速度(°C/min)	軟化溫度(°C)		同差((A)高し)
	(A)	(B)	
5	1,190°C	1,070°C	120°C
10	1,198	1,080	118°C
15	1,210	1,092	118°C



此の結果によつて見るが如く(A)印湯止め煉瓦は(B)印に比し軟化點約118°C-120°C高きを見る。

(三) 軟化點測定後の試片の形態を考察するに第十三圖及び第十四圖の其の四の(III)圖に見る如く(A)印の夫れは恰も剪斷應力の許に於て岩石試片の破壊せられたるが如し反之(B)印の夫れは恰も柔軟なるゴムを壓せる如く中央に於て膨れ恰も大鼓の胴の如し。

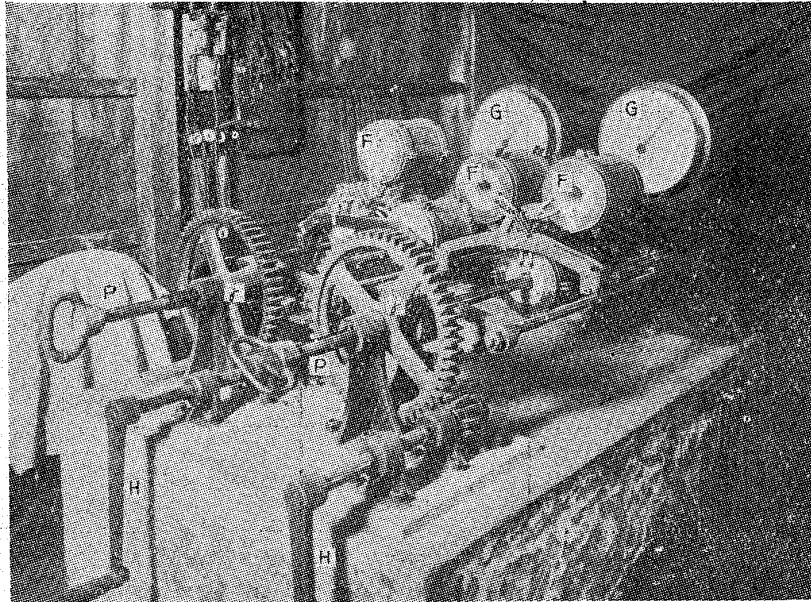
以上の試験結果の事實に於て考察するに(B)印湯止め煉瓦は低温度より已に除々に軟化し始め反之(A)印は急激に軟化破壊するの性質を有し尙ほ且つ軟化後の試片の形態より(B)印は(A)印に比し遙かに大なる熱間粘性を有する品位に屬する素質を有し従つて

急熱に際し龜裂率少なく製品として確かに優良なる事を證明するものなり。此の試験結果は又(B)印が耐火度低きに拘らず實際作業に使用しても龜裂破損を生ぜざると云ふ事實上の優良性と一致するものにして従つて軟化點測定結果即ち熱間粘性の大小有無が又湯止め煉瓦の品位判定に好適する事を反證するものにして湯止め煉瓦の實際使用前其の品質適否を判定し得るものなり。

以上の結果よりして吾々は(A)印湯止め煉瓦が作業中屢々龜裂破損する事の有り得べきを首肯し得べし是れ其の素成原土自身不粘性に屬するものなるや或は相當粘性を有するも配合成型其の他の取扱ひ並に焼成方法等の宜敷を得ずして製品の組織が不均一性を有するに因るか何れにもせよ製品としては(B)印に比し優良のものには非らざるを見るべし。

熱間に於ける耐壓破壊の機構に對する考察より耐壓強度の多少を軟化温度の高低と對照すれば粘土質耐火材の熱間粘性の多少を又判定する一基準となり得べき事前篇に於て説述せり今前記二種の湯止め煉瓦に就て熱間の破壊強度を測定し以て前記決定の熱間粘性比較の反證に資せんとするものなり。

第十五圖



第十五圖は熱間耐壓強度試験に使用せる全装置 2 個併列せるを示す。該装置は當所に於て著者の考案になるものにして次の主要 3 部分より成立つ。

第一は試片加熱の爲めの白金抵抗型電氣爐(F)の 3 個 1 組より成れる試片加熱部にして最高温度 1,400°C 迄は確實に試験する事を得。試片の寸法は直径×高さ夫々 25mm×30mm の圓塊にして 3 ケ

の試片は夫々 3 ケの爐の中央に於て所定温度に達せる後約 30 分間保留し順次に壓搾試験せらるゝものなり此の時爐は自由に廻轉せられ得るものにして最底下部の位置に來れる爐内の試片は恰も押棒(P)の中心と同じ高さにある様構造されあり。

第二は破壊強度の指示を示す精密壓力計(G)にして一目盛の讀みは 10 kg なり試片を壓搾する時は

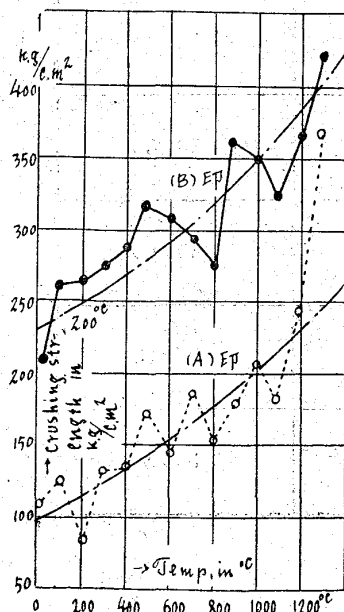
指示目盛は段々増加し遂に最大に達して後指示は一時中止して次に原位に歸るを見る耐壓全強度は此の最大目盛を讀む事によつて得らるべし試片強度の多少によつて壓力計(G)は時々取換ふる事あるべし。

第三は試片を前後より壓搾する押棒(P)(前方押棒は電氣爐(F)の前方にありて圖には見えず)と試片に漸次壓力を補追する爲めの把手(H)よりなるものなり。試片破壊後は(G)の指示は零位に歸り然る後把手(H)を初めとは反對の方向に回轉する事によつて押棒(P)は後に歸る次に電氣爐(F)を回轉して未試験片を含む電氣爐を最底下部位に保持し壓搾試験する事初めの如し斯の如くして所定の一定温度に於て 3 ケの試片を順次に壓搾試験するものなり。試片 3 ケの平均を以て其の時の價とする事例の如し。

第七表、第八表及び第十六圖

前述の装置を以て 100°C 毎の各温度に試片 3 ケ宛の試験を施行せる其の數値を第七表及び第八表に表示す又第十六圖は是れを圖示せる

第十六圖  
湯止の煉瓦二種の  
熱間耐壓強度





## 第七表

(A)印湯止め煉瓦の熱間耐壓強度表 (保留時間30分)

溫度 (°C)	斷面積 (cm <sup>2</sup> )	耐 壓 全 強	耐壓強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	同平均值 (kg/cm <sup>2</sup> )
20°C	{ 4.91 " " " "	440 500 690	89.61 101.83 140.53	110.66
100	{ 4.91 " " " "	630 500 600	128.37 101.83 122.20	125.26
200	{ 4.91 4.89 4.91	500 400 330	101.83 81.79 67.21	83.61
300	{ 4.91 4.87 4.91	640 700 580	130.35 143.73 118.13	130.73
400	{ 4.91 4.93 4.89	430 660 "	87.53 133.87 131.97	134.42
500	{ 4.89 4.91 " "	1,000 800 900	204.50 162.93 183.30	173.11
600	{ 4.89 4.91 4.87	700 " 620	143.15 142.57 127.31	142.86
700	{ 4.91 4.89 4.91	900 930 770	183.30 190.18 156.82	186.74
800	{ 4.91 4.89 4.87	730 740 600	148.68 151.33 123.20	155.56
900	{ 4.91 4.89 4.87	540 870 830	109.98 177.91 182.75	180.33
1,000	{ 4.89 4.91 " "	950 1,200 830	194.27 244.40 189.04	191.66
1,100	{ 4.91 " " " "	780 960 1,430	158.86 195.52 291.24	177.69
1,200	{ 4.87 4.89 4.87	880 2,000 1,400	180.70 409.00 287.47	292.39
1,300	{ 4.83 4.89 4.91	580 1,800 1,780	120.08 368.10 369.53	365.32

## 第 八 表

(B)印湯止め煉瓦の熱間耐壓強度表 (保留時間30分)

温 度 (°C)	斷面積 (cm <sup>2</sup> )	耐 壓 全 強	耐壓強度(kg/cm <sup>2</sup> )	同平均値 (kg/cm <sup>2</sup> )
20°C	{ 4.89 4.91 //	1,000 1,100 1,000	204.50 224.03 203.67	210.73
100	{ 4.91 // //	1,450 1,230 1,150	296.32 250.51 234.22	260.01
200	{ 4.87 4.91 //	1,250 1,220 1,400	256.67 248.47 285.13	293.42
300	{ 4.83 4.91 4.88	1,700 1,360 1,700	351.97 276.99 347.65	349.81
400	{ 4.83 4.89 4.91	1,400 1,200 1,300	289.86 245.40 284.77	287.31
500	{ 4.91 // 4.79	1,300 1,560 1,520	284.77 317.72 317.33	317.52
600	{ 4.91 // //	1,500 // 1,520	305.50 // 309.57	306.86
700	{ 4.89 4.83 4.91	1,460 940 1,430	289.57 194.62 291.24	294.80
800	{ 4.91 // 4.87	960 1,400 1,320	195.52 285.13 271.03	278.09
900	{ 4.83 4.91 4.89	1,830 1,700 2,220	378.88 346.23 449.90	362.55
1,000	{ 4.91 4.85 4.91	2,200 1,600 1,330	448.07 329.90 270.88	349.62
1,100	{ 4.79 4.91 4.87	1,930 1,800 960	402.92 366.60 197.13	322.22
1,200	{ 4.87 4.83 4.75	2,130 1,800 1,700	445.61 372.67 357.89	365.28
1,300	{ 4.79 4.87 4.75	— 2,060 2,000	— 423.00 421.05	422.03

ものにして横軸は溫度を縦軸は夫れに相當する破壊強度の平均値を示すものなり此の結果を見るに兩種共に溫度の上昇に伴れ強度又増大せらる是れ溫度の上昇は内部粒子間の結合をして益々粘稠度を増加せしむるに因るか？是れ蓋し熱間の磨滅率に於て又此の性質ある事よりも推定せらるべし。然れ共其の溫度一定範圍を越して一定溫度に達せらるゝと同時に強度又急激に減退せらるゝや明かなり。今兩種の熱間耐壓強度を比較せん(A)印湯止め煉瓦の強度は  $100\text{kg/cm}^2-250$  を範圍し又(B)印の夫れは  $230-410$  を範圍し即ち(B)印煉瓦は遙かに破壊に處する抵抗力甚大なるを見る。従つて此の點より觀る時は(B)印煉瓦は前述の如く軟化開始溫度は  $120^\circ\text{C}$  も低きに拘らず反之破壊に至る強度は却つて高し其の差  $130\text{kg/cm}^2-160$  にも及ぶを觀るべし。是れ即ち軟化より破壊に至る間の範圍従つて大なり即ち此の結果に於ても(B)印煉瓦は熱間に於てはより大なる粘性を有する素質のものたるを反證するものにして更に龜裂率の傾向又少なるべきを示すものなり。此の結果は前述軟化點測定結果より得られたる事實と合致するものにして(B)印煉瓦が(A)印に比し遙かに熱間粘性のより大なるを確實に證明するものなり。

#### VI 爐材の龜裂率と熱間粘性との關係並に實例示に就て

爐材を加熱冷却する時吾人が最も意を注ぎ以て其安全を期せんとするものは龜裂破損せんとするに對し是れを防止せんとする事は是れなり。況んや急熱急冷を受くるが如き湯止め煉瓦 (Stopper Brick) の場合の如き特に該性質に對する考慮が其品位決定の際に於ける自然の道程なるべきを信ず湯止め煉瓦としての具有するを望む他の性質は前言せる如く高溫度に於て又湯の機械的磨損作用に抗する其の抵抗の大なるを慾するやは明かなり更に熱間粘性の大なるものが此の性質を有する事は實際作業上の事實に於て今日證明せらるゝ所にして尙ほ且つ粘性大なるものが急熱急冷に因る龜裂率少なるべきや明かにして是れ又作業上に於て認容せられ來れる事實なり其の關係が假令數量的に決定せられざるにしても(著者の考へによれば龜裂率と熱間粘性とは反比例するが如し即ち(龜裂率) $\times$ (熱間粘性)=恒數なり)性質的に於て肯定せられ得べき事實なり仍て次に兩者の關係を前記(A)印及び(B)印兩種湯止め煉瓦に就て性質的に實證せんとするものなり。

爐材の龜裂率に關して現今最も認容し得べき提案は前記第一編第(1)式を以て表示せらるべし？該式を見るに其の決定要素に於て何れも其の測定は相當困難に屬するものなり尙ほ爐材を急熱急冷する際龜裂は殆んど常に赤熱狀態に於てか或は其の以前に於て起るを目撃するものなり即ち事實  $700^\circ\text{C}$  以上にも加熱せらるれば最早や更に溫度上昇するも殆んど龜裂誘引の事實を見ず故に今前記湯止め煉瓦二種の龜裂率決定に際し膨脹率溫度傳導率は何れも  $500^\circ\text{C}$  の時の値を採用し唯だ最大撓曲度は大氣溫度に於て測定せるものを以て代入せり是れ高溫度に於ける該測定は相當困難なるを以てなり従て冷間に於ける値と  $500^\circ\text{C}$  に於ける兩者の値は相互に比例する事を假定するものなり。斯の如く龜裂率の決定は甚だ困難にして相當大なる手數と長き時間を要するを以て若し著者の提案による如く熱間粘性の多少を以て是れを表示するを得ば各種耐火爐材の龜裂率決定は容易に軟化點測定結果により正

確に判定比較するを得べし。次に兩種湯止め煉瓦に就て龜裂率を數量的に決定せん爲に必要なる夫々の前記定數の實驗的數値を求めんとす。

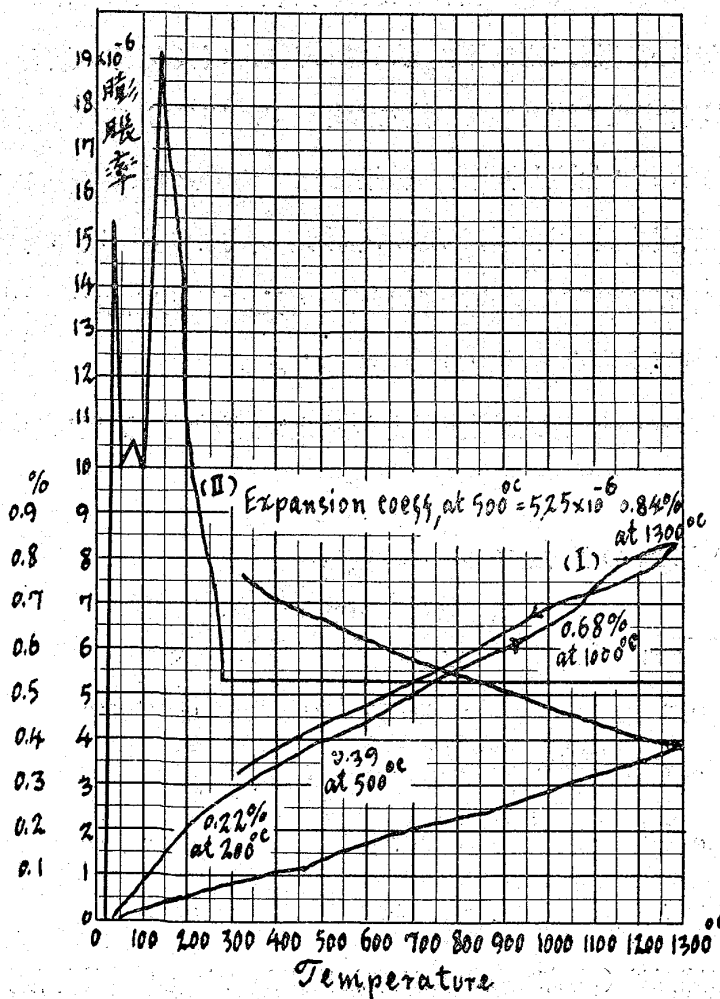
兩種湯止め煉瓦の龜裂率決定用各種定數の測定に就て

急熱急冷による龜裂率の決定には前述の如く(一)膨脹率(二)溫度傳導率及び(三)剛性率の測定數値を必要とす尙ほ詳細に言はゞ各溫度に於ける此等の數値を測定し其の夫々の溫度に相當する龜裂率を前式によつて計算し其の中にて最も龜裂率大なるものを以て該爐材の龜裂傾向度とせざるべからざるや明かなり。次に物理的三定數を主とし此の外參考となる可き二、三の物理的性質((一)比重及び氣孔率(二)顯微鏡組織)を併せて測定せんとす以下是れを順記せん。

(一) 比重及び氣孔率の決定

爐材の比重及び氣孔率の大小は他の諸物理的性質と密接なる關係を有するものにして耐火度の決定と同様其の爐材の大體の性質を推定する上に便利なる定數なるべし其の測定の方法は一般に知られたる事にして茲には其の煩を避くべし測定の結果は第六表に表示さる(第六表参照)其の結果を見るに兩種湯止め煉瓦共著しき差異あるを認めず(A)印製品が假比重並に眞比重に於て夫々約5%及び8%大なり又氣孔率に於て約5% 丈け大なり。

第十七圖  
(A) 印湯止め煉瓦の膨脹曲線  
(0~1300°C)



(二) 加熱冷却に因る膨脹及び收縮の決定

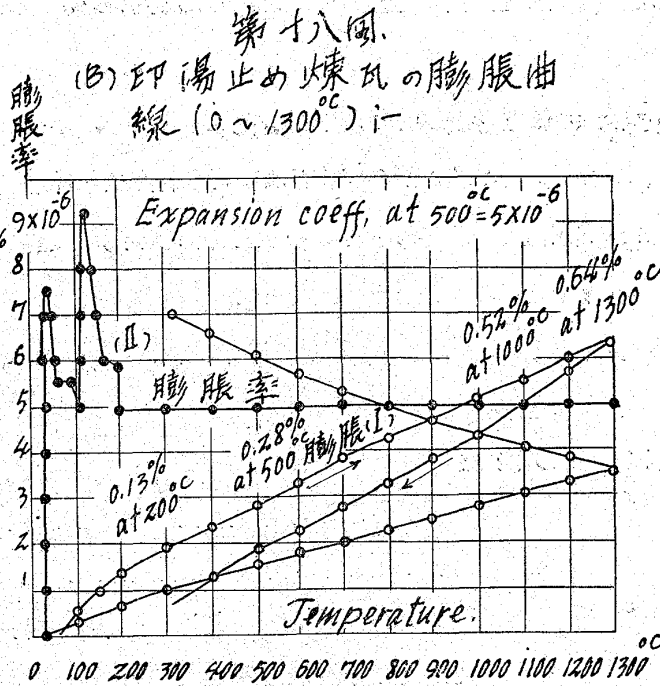
(0.....1,300°C)

(0.....1,600°C)

耐火材特に目下比較研究せんとしつゝある粘土質耐火材に就ては其の加熱冷却の際に起る膨脹並に收縮の状態は直に龜裂傾向度誘發の主因子となり従て最も必要な性質に屬するものなり。加熱に因て耐火爐材が膨脹或は收縮する長さの變化測定に關する理論裝置其の他操作試片の寸法等に關しては已に著者の報告せる

(1) 製鐵所研究報告 No. 1. 大正十年七月; Sci Rep 10. 1921. 339 ;

製鐵所研究報告 No. IV. 大正十三年十二月; 日本鑛業會誌 No. 475.



ものあるを以て茲に省略し其の結果に就て左に説述せん。

第十七圖及び第十八圖(0...1,300°C)

第十七圖及び第十八圖に於て曲線(I)は夫々(A)印及び(B)印湯止め煉瓦の加熱冷却による膨脹及び收縮の關係を示すものなり。圖に於て横軸は加熱温度にして縦軸は是れに相當せる各温度の膨脹及收縮を%にて示す又曲線(II)は各温度に於ける膨脹率の値を示すものなり。其結果を見るに兩種共に何れも 200°C 迄に急激なる膨脹あるを明瞭に示す是れ煉瓦を大氣中に放置貯藏中自然に吸引せられた

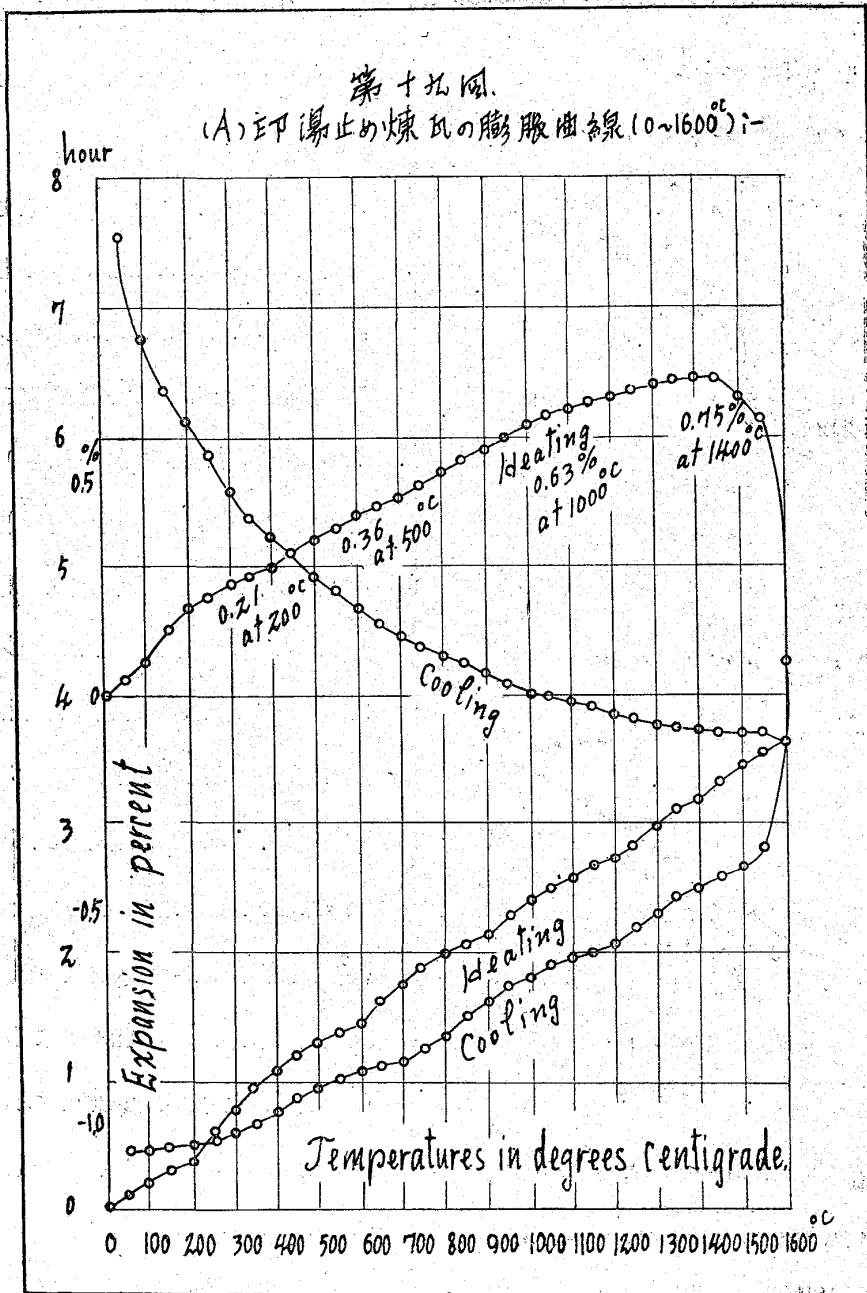
る大氣水分が加熱の際に氣化蒸發し夫れが爲是の急激なる膨脹性を示すものなるべく(A)印の最大膨脹率は大凡そ  $1.9 \times 10^{-5}$  なり反之第十八圖(B)印湯止め煉瓦の夫の値は大凡そ  $9 \times 10^{-6}$  にして(A)印煉瓦に比すれば約 50% 以下なり。是れ第六圖に示す如く氣孔率大なる結果と一致するものなり。何れにせよ膨脹率が斯の如く急激に大なる點あるは龜裂誘發の主要素となるや前掲第(1)式より見て明かなるべし従て管煉瓦、湯止め煉瓦等の如く其使用目的が急熱を受くるが如き物に對しては使用前に於て完全に乾燥し置く事の必要なるや自明の理なり其温度約 400—500°C を要すべし。

更に加熱を繼續するに何等の異常變化なく 1,300°C 迄は殆ど兩種煉瓦共に殆ど直線的に膨脹し其の數値左の如し。

第九表 兩種湯止め煉瓦の膨脹表 (0...1,300°C)

温度	膨脹(%)		膨脹率	
	(A)印	(B)印	(A)印	(B)印
200	0.22	0.13	0.00000525	0.00000500
500	0.39	0.28	0.00000525	0.00000500
1,000	0.68	0.52	0.00000525	0.00000500
1,300	0.84	0.64	0.00000525	0.00000500

右の結果を見るに 1,300°C に於ては(A)印煉瓦は(B)印のそれに比すれば遙かに大なる膨脹を有するを知る該測定結果は氣孔率大なる性質と相容れざるを見る。蓋し一般に氣孔率大なるものは其の膨脹従つて少なり。該結果は(A)印煉瓦の主要配合粘土の特質並に其の製法及び配合熱處理等に基くも



のにして加熱膨脹性の點より云へば(B)印煉瓦に比すれば急熱急冷に因る龜裂率の大なる性質を有するもの也。

第十九圖及び第二十圖

(0.....1,600°C)

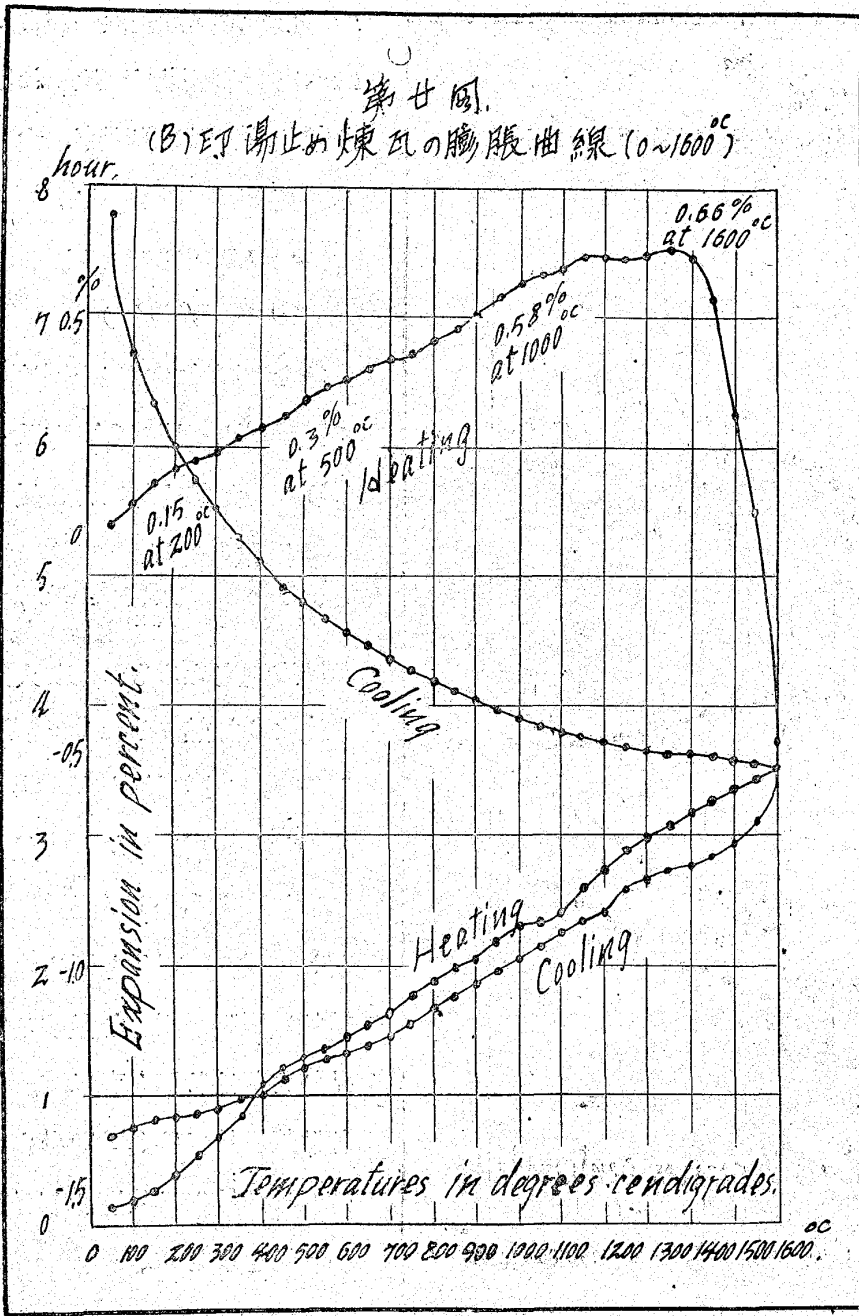
第十九圖及び第二十圖は夫々兩種湯止め煉瓦(A)印及び(B)印の加熱冷却による長さの變化を前記1,300°C迄の測定とは別途の方法により1,600°C迄測定せるものなり大氣溫度より加熱するに200°C迄に急激なる膨脹性を表す事前述の如し。更に是れを加熱するに何れも1,400°C附近迄は著しき長さの變化を認めず直線的に膨脹す更に加熱するに是れよりは收縮を表示す。冷却状態に於ては(A)印湯止め煉瓦は1.07%又(B)印は1.4%の收縮を示せり。

今兩種膨脹の大小を比較するに溫度200°C, 500°C及び1,000°C, 1,400°Cの4點に於ける其の量は第十表及び第十九圖、第二十圖に示す如し。

第十表 兩種湯止め煉瓦の膨脹表(0...1,600°C)

溫度	膨脹(%)		兩種膨脹の比較 (A)印大
	(A)印	(B)印	
200	0.21	0.15	40%
500	0.36	0.30	20%
1,000	0.63	0.58	10%
1,400	0.75	0.66	11%

以上第十表の結果を見るに(A)及び(B)共に第九表に於て得られたる夫等の結果と殆ど一致せり。



尙ほ(0.....1,300°C)の膨脹測定と(0.....1,600°C)迄の膨脹測定とは其の方法及び装置に於て全く相異なるものにして後者第十表の價は目盛付き望遠顯微鏡による直接觀測値にして、反之前者は又鏡の回轉により膨脹を測定せるものなり(前記参考)然るに兩者の測定に於て斯の如き合致せる結果を得るに於ては(A)印湯止め煉瓦は少く共(B)印煉瓦に比し非常に大なる膨脹率を有するものなり従つて龜裂誘引の大なる要素を具備するものと確定せざるべからざるなり。氣孔率大なる(A)印が少なる(B)印より大なる膨脹性を示すは是れ確かに(A)印主要素材の特質並に製造方法に因るものと言はざるべからず。

(三) 熱に對する傳導性の決定

耐火爐材は一般に金屬に比すれば熱の絶縁性に屬するものなるべし。鹽基性マグネシア煉瓦は他種耐火材に比すれば最も熱の傳導性大なるものなるも金屬に比すれば到つて低し爐材の熱に對する傳導性は築爐上熱の經濟的移動の問題に於て最も主要なるは物理的性質なり例へば骸炭爐の爐壁材或は高爐の熱風爐並に平爐の蓄熱室或は鋼片加熱爐或は硝子熔解槽窯のそれ等の如き該性質は其等の能率に至大の關係ある必須の要項なるべし。

次に爐材の取扱上其の生命の長短を支配する性質即ち加熱冷却の際に起る龜裂率の大小は熱に對する傳導性の如何による事大なりとす。是の點に於て爐材の溫度傳導率は龜裂誘引の要素となる事第一

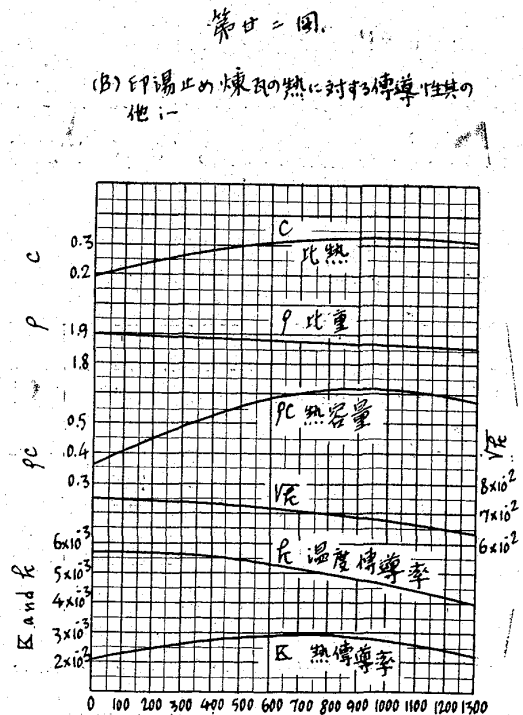
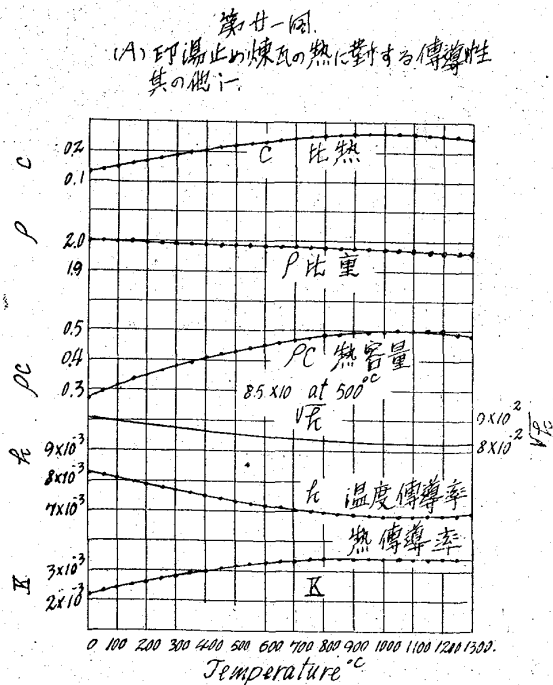
(1) 大日本窯業協會雜誌 大正十五年七月

編第一式に示せるが如し。例へば金屬の如く熱並に溫度の傳導性大なるものは假令急熱急冷の爲め部分的に溫度の差を生ずる事あるも直ちに溫度の分布が均一せられ従つて膨脹の差より生ずる熱的歪は容易に除去せられ茲に龜裂誘引の因は消失せられ得べきも爐材の如きは一度部分的溫度の差を生ずれば容易に均一せられず爲めに是の時若し熱間歪が一定値に達すれば茲に龜裂の現象を呈するに至るべし。

爐材其の他一般に熱不良導の傳導性を完全に測定する事は到つて困難なり使用せし装置は著者の考察になるものにして其の理論及び操作並に計算方法等は已に著者の報告あるを以て茲には省略す原理は正弦波形熱を試片の一面に加へ其の浸入する時の位相の遅れ並に振幅の減退によつて決定するものなり次に其の結果に就て述べん。

第二十一圖及び第二十二圖

第二十一圖及び第二十二圖は夫々(A)印及び(B)印の湯止め煉瓦に就ての熱的性質の測定結果を示すものにして圖に於て横軸は溫度を示し縦軸は溫度の變化による夫々(溫度傳導率( $k$ ))—(熱傳導率( $K$ ))—(熱容量( $\rho C$ ))—(比重( $\rho$ )) (第十七圖第十八圖の膨脹曲線より計算せるもの)—及び(比熱( $C$ ))の溫度による變化の状態を示すものなり、熱容量( $\rho C$ )は計算( $K/k=\rho C$ )によりて求められたるものなり。



以上測定の結果に於て溫度上昇に對する兩種煉瓦の熱的性質の間には著しき差違なきが如し。今龜裂傾向度の最大なりと事實上認容せられたる赤熱溫度附近に於ける兩者の溫度傳導率( $k$ )及び其れ等の平方根( $\sqrt{k}$ )の數値を比較せんに第六表に表する如く(A)印煉瓦は(B)印に比し約16%丈け大

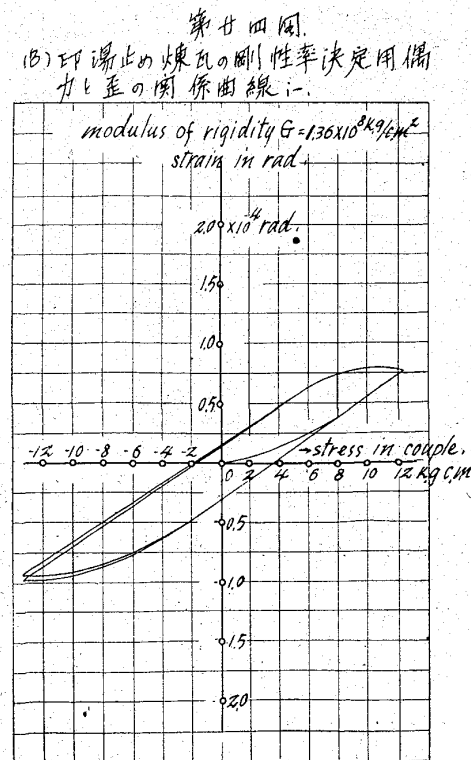
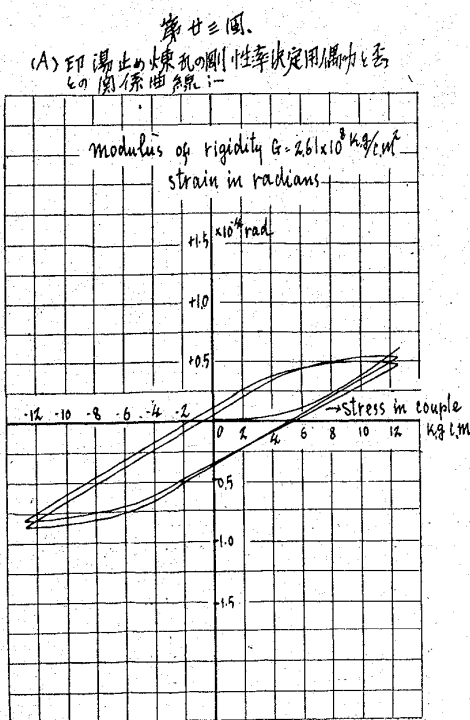
(1) Jci. Rep. 10. 1921. 339. Tohoku University 島津製作所型錄(大正十四年三月第二版);(大日本窯業協會雜誌 大正十五年七月;製鐵所研究會記事雜誌 大正十二年三月)



なる溫度傳導性を有するを見る此の結果は又(A)印煉瓦が大なる氣孔率を有する性質とは相容れざるものにして要するに(A)印煉瓦の主要原料と(B)印煉瓦の夫れとは全く性質相異なるものに屬するものなる事を推定せられ得べし。(A)印煉瓦が溫度傳導率大なる點より考ふれば假令急熱急冷の爲め部分的に生ずる溫度の差即ち膨脹の差より熱間歪の起る傾向即ち龜裂誘引の素因は(B)印煉瓦に比し少なるものにして龜裂傾向度従つて少なりと謂はざるべからず。

(四) 剛性率の決定

吾人が日常の經驗に於て多孔質なる素焼物を急熱急冷するも容易に破損せらるゝ事なきを知る反之磁器の如き質緻密のものは堅硬なるも容易に破損龜裂せらるゝを知るものなり是れ剛性率大なるものは前述の如く熱的歪に對し容易に是れに應ずる事少なく故に急熱急冷に堪ゆる性能少きにより龜裂傾向の要素をなすべし。従て爐材の龜裂傾向度の決定に對しては此の剛性率の大小は是非測定すべき要項なるべし。然れ共爐材の如きは金屬に比すれば質至つて脆弱にして其の完全なる決定は至難の實驗に屬すべし。著者は日下部博士考察の岩石剛性率測定装置をして其の寸法及び構造に於て爐材の該測定に便利なる様考案せるものにして著者の使用せし装置測定理論試片の寸法計算方法等に關しては煩雜に陥るの故を以て本報告には省略せん。緒編に掲示せし龜裂傾向度を示す式中最大撓曲度は剛性率に反比例する事を假定し兩種湯止め煉瓦に就て龜裂傾向度を比較せんとするものなり。是れ例へばゴムの如く容易に曲げ得る即ち撓曲度大なるものは其剛性率至つて少なるを以て右兩者代入に於て正當ならざるも又近かるべし尙ほ又龜裂傾向度決定の要素たる(一)膨脹率(二)熱傳導率は何れも爐材の龜裂傾向の大なる赤熱溫度即ち  $500^{\circ}\text{C}$  に於ける價を採用せるも(三)剛性率のみは簡單の爲め大氣溫



第十一表 (A) 印湯止め煉瓦の剛性率測定値

M	Left-reading	Right-reading	Difference	$\theta$	Effective M	Comple C.S.	$C \times \frac{C.S.}{\theta} = G$
0	0	0	0	rad.	—	—	—
1	0	0	0	$0 \times 10^4$	—	—	—
2	0.03	0.02	0.01	0.05	1.135	$3.230 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$	$9.075 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$
3	0.10	0.05	0.05	0.25	2.350	6.675 "	3.750 "
4	0.24	0.11	0.13	0.65	3.540	10.065 "	2.175 "
5	0.40	0.20	0.20	1.00	4.765	13.540 "	1.91 }
4	0.38	0.19	0.19	0.95	3.540	10.065 "	—
3	0.36	0.17	0.19	"	2.350	6.675 "	—
2	0.33	0.16	0.17	0.85	1.135	3.230 "	—
1	0.28	"	0.12	0.60	—	—	—
0	0.19	0.11	0.08	0.40	—	—	—
1	0.06	0.05	0.01	0.05	—	—	—
2	—	0.02	—	0.25	1.135	3.230	—
3	—	0.07	—	0.80	2.350	6.675	—
4	—	0.39	—	1.15	3.540	10.065	—
5	—	0.58	—	1.65	4.754	13.540	—
4	—	0.56	—	1.55	3.540	10.065	—
3	—	0.55	—	1.50	2.350	6.675	—
2	—	0.52	—	1.45	1.135	3.230	—
1	—	0.46	—	1.25	—	—	—
0	—	0.36	—	0.95	—	—	—
1	—	0.24	—	0.65	—	—	—
2	—	0.08	—	0.20	1.135	3.230	—
3	+	0.06	0.02	0.04	2.350	6.675	—
4	+	0.23	0.10	0.13	3.540	10.065	—
5	+	0.38	0.17	0.21	4.754	13.546	—
4	—	0.36	0.16	0.20	3.540	10.065	—
3	—	0.34	0.15	0.19	2.350	6.675	—
2	—	0.30	0.14	0.16	1.135	3.230	—
1	—	0.25	0.12	0.13	—	—	—
0	—	0.15	0.07	0.08	—	—	—
1	—	0.02	0.01	0.01	—	—	—
2	—	0.13	—	0.40	1.135	3.230	—
3	—	0.29	—	0.80	2.350	6.675	—
4	—	0.43	—	1.20	3.540	10.065	—
5	—	0.61	—	1.70	4.754	13.540	—
4	—	0.60	—	"	3.540	10.065	—
3	—	0.57	—	1.55	2.350	6.675	—
2	—	0.54	—	1.45	1.135	3.230	—
1	—	0.47	—	1.25	—	—	—
0	—	0.35	—	0.95	—	—	—
1	—	0.22	—	0.60	—	—	—
2	—	0.06	—	0.10	1.135	3.230	—
3	—	0.08	—	0.20	2.350	6.675	—
4	—	0.24	—	0.70	3.540	10.065	—
5	—	0.39	—	1.10	4.754	13.540	—
4	—	0.37	—	0.95	3.540	10.065	—
3	—	0.34	—	0.95	2.350	6.675	—
2	—	0.30	—	0.80	1.135	3.230	—
1	—	0.24	—	0.65	—	—	—
0	—	0.14	—	0.40	—	—	—
1	—	0	—	0	—	—	—
2	—	0.15	—	0.45	1.135	3.230	—
3	—	0.30	—	0.80	2.350	6.675	—
4	—	0.40	—	1.10	3.540	10.065	—
5	—	0.61	—	1.70	4.754	13.540	—
4	—	0.60	—	1.65	3.540	10.065	—
3	—	0.57	—	1.55	2.350	6.675	—
2	—	0.54	—	1.50	1.135	3.230	—
1	—	0.46	—	1.20	—	—	—
0	—	0.35	—	0.95	—	—	—
1	—	0.22	—	0.60	—	—	—
2	—	0.06	—	0.15	1.135	3.230	—
3	—	0.08	—	0.20	2.350	6.675	—
4	—	0.24	—	0.65	3.540	10.065	—
5	—	0.39	—	1.10	4.754	13.540	—

第十二表 (B) 印湯止め煉瓦の剛性率測定値

M	Left-reading	Right-reading	Difference	$\theta$	Effective M	Comple C.S.	$C \times \frac{C.S.}{\theta} = G$
0	0	0	0	rad.	—	k.g, c.m.	—
1	0	0	0	$0 \times 10^4$	—	—	—
2	0.07	0.04	0.03	0.15	1.135	$2.230 \times 10^3$	$3.03 \times 10^8$
3	0.23	0.11	0.12	0.60	2.350	6.675 "	1.58 "
4	0.43	0.21	0.22	1.10	3.540	10.065 "	1.29 "
5	0.64	0.32	0.32	1.60	4.765	13.540 "	1.19 "
4	0.66	0.33	0.33	1.65	3.540	10.650 "	—
3	0.60	0.31	0.29	1.45	2.350	6.675 "	—
2	0.55	0.28	0.27	1.35	1.135	3.230 "	—
1	0.45	0.24	0.21	1.05	—	—	—
0	0.31	0.18	0.13	0.65	—	—	—
1	0.31	0.10	0.10	0.15	—	—	—
2	— 0.04	0.01	0.05	0.25	1.135	3.230	—
3	0.23	0.06	0.17	0.85	2.350	6.675	—
4	0.42	0.16	0.26	1.30	3.540	10.065	—
5	0.66	0.27	0.39	1.95	4.540	13.540	—
4	0.66	— 0.28	0.38	1.90	2.350	10.065	—
3	0.62	0.27	0.35	1.75	2.350	6.675	—
2	0.53	0.24	0.32	1.60	1.135	3.230	—
1	0.45	0.20	0.25	1.25	—	—	—
0	0.31	0.19	0.19	0.95	—	—	—
1	— 0.14	0.05	0.09	0.45	—	—	—
2	0.06	0.05	0.12	0.05	1.135	3.230	—
3	0.26	0.14	0.12	0.60	2.350	6.675	—
4	0.44	0.22	0.22	1.10	3.540	10.065	—
5	0.65	0.33	0.32	1.60	4.754	13.540	—
4	0.63	0.32	0.31	1.55	3.540	10.065	—
3	0.58	0.30	0.28	1.40	2.350	6.675	—
2	0.51	0.26	0.25	1.25	1.135	3.230	—
1	0.42	0.23	0.19	0.95	—	—	—
0	0.27	0.16	0.11	0.55	—	—	—
1	0.12	0.08	0.04	0.20	—	—	—
2	0.08	0	0.08	0.40	1.135	3.230	—
3	0.26	0.09	0.17	0.85	2.350	6.675	—
4	0.44	0.17	0.27	1.35	3.540	10.065	—
5	0.64	0.26	0.38	1.90	4.754	13.540	—
4	0.63	0.24	0.39	1.95	3.540	10.065	—
3	0.60	0.22	0.38	1.90	2.350	6.675	—
2	0.53	0.22	0.31	1.55	1.135	3.230	—
1	0.44	0.17	0.27	1.35	—	—	—
0	0.30	0.11	0.19	0.95	—	—	—
1	0.12	0.03	0.09	0.45	—	—	—
2	0.06	0.06	0	0	1.135	3.230	—
3	0.27	0.16	0.11	0.55	2.350	6.675	—
4	0.46	0.25	0.21	1.05	3.540	10.065	—
5	0.65	0.33	0.32	1.60	4.754	13.540	—
4	0.62	0.32	0.30	1.50	3.540	10.065	—
3	0.58	/"	0.26	1.30	2.350	6.675	—
2	0.51	0.26	0.25	1.25	1.135	3.230	—
1	0.42	0.23	0.19	0.95	—	—	—
0	0.27	0.17	0.10	0.50	—	—	—
1	0.11	0.09	0.02	0.10	—	—	—
2	0.07	0.02	0.09	0.45	1.135	3.230	—
3	0.27	0.08	0.19	0.95	2.350	6.675	—
4	0.46	0.17	0.29	1.45	3.540	10.065	—
5	0.64	0.26	0.38	1.90	4.754	13.540	—
4	0.63	0.25	0.38	1.90	3.540	10.065	—
3	0.59	0.24	0.35	1.75	2.350	6.675	—
2	0.53	0.21	0.32	1.70	1.135	3.230	—
1	0.46	0.18	0.28	1.40	—	—	—
0	0.30	0.11	0.19	0.95	—	—	—
1	0.29	/"	0.18	0.90	—	—	—
2	0.12	0.03	0.09	0.45	1.135	3.230	—
3	0.07	0.06	0.01	0.05	2.350	6.675	—
4	0.34	0.18	0.16	0.80	3.540	10.065	—
5	0.51	0.26	0.25	1.25	4.754	13.540	—

度に於ける測定値を代用せり是れ低溫度に於ける兩者の比と 500°C 附近に於ける兩者の比とは略ぼ相等しき事を假定せるものなり以上の假定の許に測定せる兩種湯止め煉瓦の剛性率に就て比較せん。

#### 第二十三圖及び第二十四圖

第二十三圖及び第二十四圖は兩種湯止め煉瓦に就て測定せる偶力と歪との關係を示すものなり圖に於て横軸は加へられたる偶力にして縦軸は夫れに相當せるれ扭れの歪をラヂアンにて表はせるものなり是れより剛性率を求むるに其の値第六表(計算は第十一表、第十二表参照)に比較表示さる是の結果を見るに(B)印湯止め煉瓦の剛性率は(A)印の約半分に過ぎずして加へられたる偶力に對しゴムの如く容易に自由に撓曲せられ得るの性質を有するものにして従つて假令急熱急冷の爲め部分的に溫度の差違を生じ之が爲に起る熱的歪を受くる事あるも自由に其の歪に従つて變形變化し容易に龜裂の原因より免れ得べし。反之(A)印湯止め煉瓦は剛性率大にして容易に變化せざる爲め急熱急冷の際に龜裂し易き性質を有するものなり。即ち龜裂率決定の該要素に於ても(B)印湯止め煉瓦は其の傾向小なるものなり。

#### (五) 龜裂傾向度の決定

以上數節に於て龜裂傾向度決定に必要な總べての要素を求めたるを以て今兩種煉瓦に就て其の値を計算せるに第六表に示すが如し。是の結果を見るに(B)印煉瓦の龜裂傾向度を單位とせば(A)印煉瓦は約2倍(1.73倍)の傾向度を有するを知る従つて逆に龜裂を生ぜざるが如き安全加熱速度の比を求めれば今(A)印煉瓦を單位に取れば(B)印煉瓦は約2倍(1.73倍)の速き加熱速度を以て加熱上昇するも安全なる事を示すものなり。

以上の結果は兩種湯止め煉瓦二種に就て測定せる軟化狀態、軟化始發溫度の高低及びそれと破壊溫度との範圍の大小並びに熱間耐壓強度の比較等より判定し得べき熱間粘性の有無大小に關する考察の結果と充分に克く合致するものと言ふべし。是れ即ち一方に於て軟化に處する結果より判定する事を得る熱間粘性は直に又龜裂傾向度を判定し得べしとの著者の提案を正當に反證するものなりと言ひ得べし。然れ共軟化點測定結果の熱間粘性より判定し得べき龜裂傾向度は單に性質的の比較判定に止まり前掲の式により求められたる龜裂傾向度の如く數字的に比較し得るものに非らざるなり熱間粘性と龜裂傾向度の數字的關係の決定には尙ほ數多の實驗結果によつて解決せらるべきを信するものなり。

要するに兩種湯止め煉瓦に就て以上測定せる結果より我々は次の如く判定する事を得べし。

- 一、(A)印湯止め煉瓦は(B)印煉瓦に比し龜裂率大にして約2倍の龜裂傾向度を有す。
- 二、(A)印煉瓦の龜裂率大なる原因は膨脹性著しく大なるが上に尙ほ更に剛性率又甚だ大なり。
- 三、尙ほ氣孔率大なるに拘らず膨脹率並に剛性率の大なるは該煉瓦の原料素材が有する特質によると同時に製法並に取扱ひに歸因すべきか。

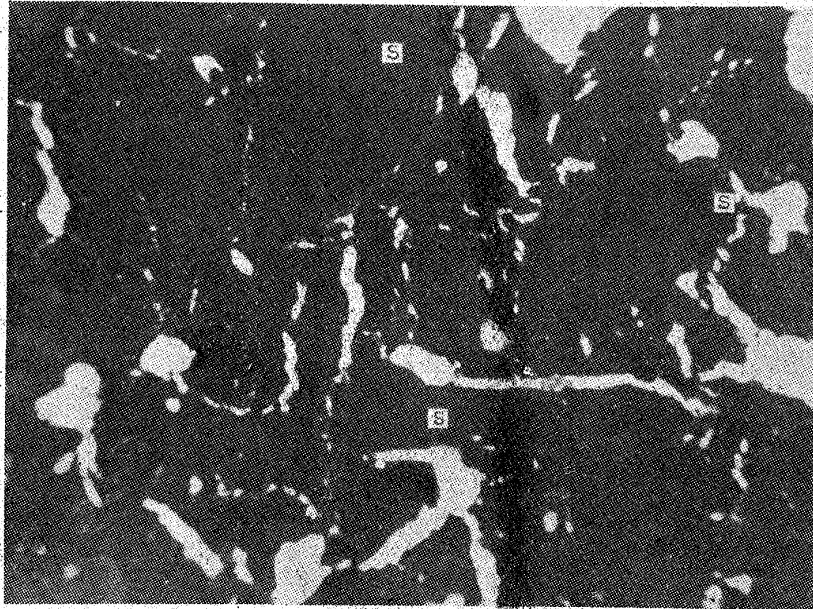
#### (六) 顯微鏡組織

爐材の顯微鏡組織は爐材原料及び配合物並に夫等の配置結合狀態や或は製品としての燒成溫度の適

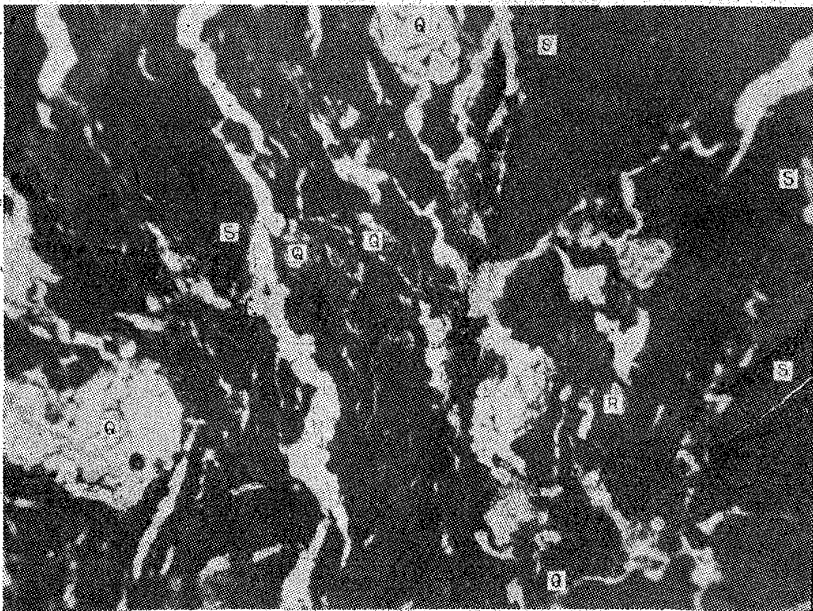
否等を判定し得るものにして爐材の性質決定に對しては他種性質と相並行して最も必要なる要項なり左に是れを示す。

### 第二十五圖

(A) 印湯止め煉瓦の顯微鏡組織にして外觀黄褐色を呈し質稍々粗鬆なり (S) は燒粉シヤモツトにし



て殆んど均等質物質よりなる。石基は暗灰色にして微細なる棒狀物質の密集體よりなる是れムライト晶子とも稱すべきものなるべく又所々に是等晶子能く發達して復屈折をなし輪廓明かなる斜狀のムライト結晶の集合せるあり (結晶の太さは約 $3 \times 0.18 \mu$ ) 尙ほ石基中に稍々角稜を失ひたる石英及び長石の殘片あるを認む。(S) 以外の黒色部は石基にして白色部は主として收縮の爲めに生じたる裂罅なり。



### 第二十六圖

(B) 印湯止め煉瓦の顯微鏡組織にして外觀白色を呈し質稍々堅固なり (S) はシヤモツトにして石基は暗黄褐色を呈し全く均等質物質よりなり其の中には(Q)なる石英粒多數散在し角稜を失ひたるもの且つ龜裂率著しきものあり又稀に長石の殘片あり殊に收縮により生

じたる裂罅が大凡そ並行せる觀あり (寫眞白色部是れを示す) 又(S) 以外の黒色部は石基を示す。

## (VII) 結 言

以上數篇に亘つて我々は粘土質耐火材例へば煉瓦、土管、硝子熔解用坩堝或は陶磁器燒成用匣鉢其の他一般に向つて其の品位決定の目的として軟化點の檢定法を提案せり。高爐々底用シヤモツト煉瓦に就て軟化に處する狀況を試験せり。生粘土の粘性及び熱間に於ける爐材の粘性並に破壊に到る迄の經過に對する考察を行へり。製鋼用湯止め煉瓦二種類に就て其の品位決定の例示として軟化點測定を

施行せり。同例示に於て爐材の粘性と龜裂傾向度とは其の性質は同一のものなる事を実證せり。是等の實驗結果よりして我々は二、三の結論を得べし。

- (一) 軟化の状態如何は粘土質耐火材の品位決定用として最適の一方法に屬し然も實驗施行容易にして正確なり。
- (二) 軟化點の測定より熱間に於ける粘性の多少を判定する事を得是れ著者の提案による。
- (三) 粘性の大なるものは急熱急冷による龜裂傾向度小なり、實驗煩雜なる龜裂率の決定が粘性の多少によつて性質的に容易に判定する事を得べし。是れ著者の提案による。
- (四) 軟化點の測定結果より製品が均一に製作せられあるものか否や即ち均一性を判定する事を得べし即ち結果不整なるは不均一性を表示するものなり。
- (五) 生粘度の粘性に對する著者の考察によれば吸着水分の大なるものは粘性大なり。是れ數種の粘土に就ての經驗上認容せられたる事實に一致す。
- (六) 原粘土にして粘性大なるものは製品の熱間粘性大なり従つて製品の軟化點測定より使用原料の粘性を判定する事を得べし。
- (七) 粘土質耐火材は荷重を受けたる許に加熱せらるゝ時は甚だしく低溫度に於て既に軟化始發の現象を呈するものなり他種耐火材に比し顯著なり。
- (八) 軟化の現象は荷重と加熱速度によつて甚だしく影響を受くるものなり。然も若し製品が均一なる性質を有する場合は是等に處する狀況は到つて規則正しき變化を爲すものなり。
- (九) 湯止め煉瓦二種に就て軟化點測定より粘性の大小を決定し品位決定の例示とせり。
- (十) 獨立に二種湯止め煉瓦の龜裂率を決定し粘性の大小との關係の正當なるを実證せり。

是の稿を擱くに當り是れ等各種實驗に従事せられたる職員諸氏並に職工諸氏の熱心なる研究的態度の許に實驗せられたる其の勞に對して深く感謝の意を表するものなり。

此本稿に續いて今後發表せん事を約するものは(一)各種耐火材の軟化點の決定及び(二)シヤモツト煉瓦に就て其の氣孔率と軟化點に就ての二稿なり。

本稿又誤謬多きを恐る讀者諸彦の叱正を乞ふものなり。

9 月 中 重 要 鑛 物 産 額

商工省の調査に依る本年9月中の重要鑛山鑛産額は右の表の如くにして前年同月に比すれば金は1割8厘、銀は2割2分7厘の各増加、銅は5分5厘、鐵は1割1分3厘、石炭は9分5厘、石油は1割6分9厘、硫黃は3分8厘の各減少を示して居る。尙本年1月以降9月迄の累計は右表に示す通りである。	鑛 種	9 月 中	本 年
	金	201,254匁	1,748,561匁
	銀	3,108,635匁	26,973,886匁
	銅	8,445,205斤	77,345,433斤
	鐵	5,225噸	59,476噸
	石 炭	2,297,087噸	3,444,528噸
	石 油	111,164石	1,101,090石
	硫 黃	3,963噸	32,510噸