

鑄鋼用鑄物砂配合に對する基礎理論 (第2報)

(日本鐵鋼協會第19回講演大會講演 昭和13年4月)

吉田正夫*

ON THE FUNDAMENTAL THEORY OF MIXING MOULDING SAND
FOR STEEL CASTING (Second Report).

Masao Yoshida.

SYNOPSIS:—In the first report (The Journal, of this Society, vol. 24, 1938 p. 24) the permeability of moulding sand is dealt with, whilst in this report the bonding strength of moulding sand is theoretically studied, the following conditions being taken as the important factors affecting the bonding strength of moulding sand.

1. Sand grains,
 - a) size of sand grain, b) form of sand grain.
2. Bonding substances,
 - a) clay content, b) moisture content.

目次

- I 緒言
- II 従來の研究結果の考察
 - 1 砂粒に就て 2 粘土に就て
- III 研究方針
- IV 實驗結果
 - 1 水分の影響 2 粘土の影響 3 砂粒大さの影響
 - 4 砂粒配合の影響 5 砂粒形の影響
- V 應用例
- VI 結言

I 緒言

著者は第1報¹⁾に於て鑄物砂の通氣性を左右する因子として水分量、粘土量、砂粒大さ及び形狀を挙げ此等の通氣性に及ぶ影響を實驗的に示し通氣性を主眼とした時の鑄物砂配合に對する指針を示した。然るに鑄物砂に於て通氣性と共に重要性を持つものは附着力である。

現在の鑄物砂、特に鑄鋼用鑄物砂に於て通氣性よりも強度を重要視する傾がある。即鑄鋼は鑄鐵或は非鐵合金鑄物に比し鑄込後固化に要する時に甚だ僅少ななる爲め、通氣性少々悪くとも鑄型材料に起因する氣泡は少い、何となれば熔鋼鑄込後鑄型材料が熔鋼の熱を吸収して水分又は有機物をガス化し、又は砂粒間に存在する空氣を膨脹せしめて鑄型中のガス壓力が増加する頃には既に熔鋼は鑄型に接する

部分に於て凝固點に達して固化し、或は飴狀の層を生じてガス壓力に或程度耐ふるが爲めである。

即鑄鋼に於ては通氣性は鑄込熔鋼の固化層の強さとガス壓力の平衡を考慮する事に依り或程度補ふ事が出来る。

然るに強度劣等なる時は造型作業を困難ならしめ、又鑄肌の粗惡化、砂の混入等を來し其害測り知る可からざるものがある。此鑄鋼用鑄物砂に於て強度を重要視する所以であると考察される。故に著者も此所に強度を最も重要視し本報に於ては主として此に對する粒子の影響に就き述べる事にした。

II 従來の研究結果の考察

鑄物砂の強度、即成型性は一般に漠然と配合又は共存粘着劑の粘着力に依るものと考へられてゐる。然るに強度は斯くの如く簡單なるものでなく砂粒の形、大さ、水分量、粘土量及び其性質により變化し、又一步を進め粘土の粘着性は何であるか等考察すると甚だ複雑な問題である。以下に従來の研究結果の主なるものを示し少しく此に考察を加へて見る。

1. 砂粒に就て H.C. Nipper & E. Piwowarsky²⁾ は粘着力は間接的に粒子の形に依り左右され Round grain の方が一樣に粘着劑に依り被覆され易く成型性大なりと云ふ。

T. R. Walker³⁾ は強度に及ぶ粒狀の影響を比較し次の如く述べてゐる。即 Round grain は一點にて接するた

* 大同製鋼株式會社

並 21

めに力弱く成型性少である。且又 Rough surface grain (球状なれ共表面が自然の腐蝕作用を受け凸凹の出来た砂) が最良である。

PP Berg⁴⁾ は強度に對する粒子の影響として Angular grain が最も良い結果を與へると云てゐる。此が理由として Angular grain は機械的にかみ合ひ外力に對する抵抗を生ずる事を擧げてゐる。

本邦に於ては武智氏⁵⁾ 酒井氏⁶⁾ の研究があるが粘土混入の影響に依る爲めか強度に對する影響が未だ明瞭に示されて居らぬ様に思ふ。

上述の様に從來の研究結果に於て鑄物砂の強度に對する砂粒の影響に就て明瞭に發表されたる物極めて少く、殊に砂粒の大きさに就ては具體的に明示されたるものが殆んどない。又砂粒の形の影響に就ては Round grain が良好なりと主張する人 Angular 又は Sub-angular grain が良いと主張する人等區々にして一致してゐない。此恐らく形状の specification 及 grading 不完全にして一致し居らず、殊に Angular grain に屬する人造銀砂に於ては其破碎方法又は珪石の質に依り、即産地に依り著しく其形状を異にするためにして、又一方 Ramming の影響が粒形に依り著しく變化するものなれ共、此等の諸點が考慮し居られざる爲めに依ると考察される。

著者は此點を考慮し第1報に示せるが如く現在最も多く産出し一般的なるものを供試材料とした。

2. 粘土に就て 粘土に就ては從來多くの人々⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾ に依り研究されてゐる。粘土の粘着性の機構に就き從來の研究者に依り稱へられてゐる説を大別すると大略次の3種になる。

コロイド説 表面張力説 帯電體説

此等の詳細なる考察は本報に於て省略し第3報に於て詳細に述べるつもりである。

III 研究方針

上記の如き先輩の研究結果を考慮し鑄物砂の強度に對する影響を次の二方向より考察する事にした。

a. 砂粒に依る影響 b. 粘結劑に依る影響

而して本報に於ては主として砂粒の大きさ及び形の影響を述べ、粘結劑に依る影響は粘土量と水分量との影響のみに就き述べ此等の改善方法、又は特殊なる粘結劑に就ては第3報にて述べる事にした。

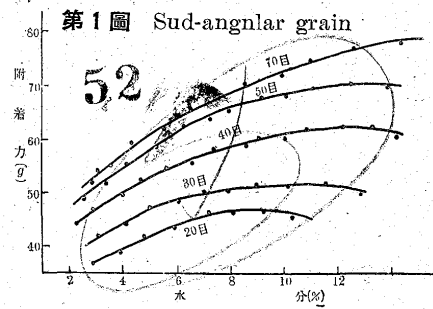
強度試験装置に就て考ふるに鑄鋼用鑄物砂の如き生砂強度僅少なるものに對しては正確なる値を測定し得るものなく比較値に於てすら正確を期し難い。又各種測定装置には皆一利一害ありて其選定も困難であるが著者は最も一般的なる米國鑄物協會制定の附着力試験機を一部改造使用し附着力を比較調査する事にした。又實驗値も正確を期する爲め同一實驗を3回施行し飛離れたるものを除外し其平均値を取た。

供試材料は第1報に述べたるが如き理由に依り第1報同様の試料、即ち Sub-angular sand として土岐津産天然銀砂を、又 Angular grain として丸三商會より購入したる天然銀砂を使用した。

IV 實驗結果及び結果に對する考察

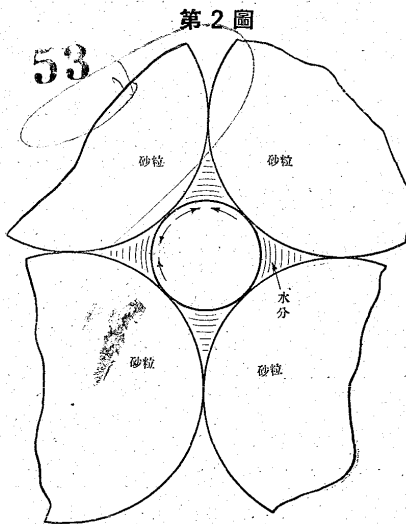
(1) 水分のみの影響 Sub-angular grain sand の 40 50 70 20 30 目の大きさの物を取り此等の各々に就き各水分値に於ける附着力を測定し測定結果を横軸に、水分を縦軸に附着力を取り圖示すると第1圖の如くなる。

本圖を見るに 40 50 70 20 30 目共に水分の増加に従ひ附着力を増し 9~11% 水分にて (此水分値は砂粒



小なる程高い) 最高となり更に水分増加する時は減少する。

此理由を考察するに砂粒の形、大きさ一定の時は砂



粒と砂粒の膠着作用は専ら水の表面張力に依り支配さるゝものなるため假りに砂粒を球と考ふる時は第2圖に示すが如く砂粒は水の互に最少面積を占めんとする、即矢印の方向に表面張力に依り引寄せらるゝものにして此張力は水の表面積

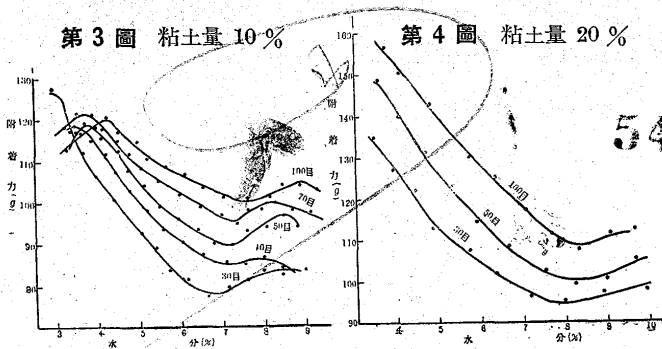
に比例する故砂粒の最も強く膠着さるゝ爲めには、換言す

れば表面張力の作用最も有效なるためには第2圖に示すが如く4個の砂粒に依り挟まるゝ空間内に砂粒に接する圓を想像し此圓の周圍に圖の如く水の充さるゝ場合最も其の表面張力の作用著しく砂粒は最も強く膠着される。

而して砂粒間空間の全容積は砂粒の大きに關せず一定であるが後述の様な理由に依り粒子小なる程全表面積を増し附着力大となり、又附着力最大なる點は粒子小なる程右方に移る。

而して水分量小なる時は砂粒間に凝集する水滴の表面積小なるがため強度小なれ共水分の増加につれ其表面積を増加し最大表面積にて最高強度を示す。尙水分増加する時は圓は小となり、水滴の表面積小となり強度を減少するものと考察される。

(2) 粘土の影響 先水及粘土の共存する場合の附着力を調査するため 30 40 50 70 100 目の Sub-angular grain sand に 10% の粘土を添加し各水分値に於ける附着力を測定し之を横軸に水分縦軸に附着力を取り圖示する



と第3圖の如くなる。即各目共初の水分の増加するに従ひ附着力著しく低下し、第1報に示せる通氣度最良なる可き水分値に近くなりて附着力の低下が減少し更に水分増加する時は若干上昇し次に又下降する。

次に此現象を理論的に考察して見る。而して粘土の粘着性の機構に對しては上述の様に大略3種の説がある故此内の表面張力説のみにては説明出來ぬかも知れぬと思ふが先表面張力説を引用して説明する。

第3圖に於て水分 2~3% では粘土の微粒間に働く水の表面張力は第2圖の如き状態にて最も有効に働くものにして 2~3% 以上に水分増加する時は水分は粘土粒間の空間に内接する圓以上に存在し其表面積小となり爲めに表面張力の作用鈍り粘土の附着力は小となる。一方鑄物砂中の粘土量は珪石量に比し僅少なるがため、鑄物砂中の水分の微弱なる増加に依るも粘土粒間の空間を埋むる水分の表面積

を著しく減少し、隨て表面張力の作用に著しき減少を來し水分 4~7% にて附着力著しく低下するものと考へられる。

更に水分増加し 7~8% になる時は第1報に示せるが如く砂の Fowability 著しく水分に依り増加さるゝが爲め、同一の力にてつきかたむるも緻密につまり單位破壊面中に存する砂粒接點の數を示し後述の如き理由に依り粘土自體の粘着力は水分の増加に依り減少するも Fowability の影響に依り若干附着力を増すのでないかと思はれる。

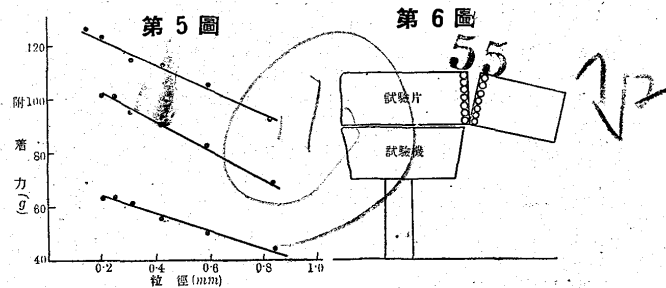
更に水分増加する時は粘土の附着力は益々低下し、一方砂の Fowability は殆んど一定となり向上せざるが爲め砂の附着力は低下するものと考へられる。

即粘土に依り附着力を増加する効果は粘土量 10% に對しては水分 3~4% 以下の時最も有効にして水分増加するにつれて漸減し水分のみの場合とは正反對である。

次に同一資料に粘土 20% 添加し 10% 同様各水分値に於ける附着力を測定し第4圖の如き結果を得た。即第3圖に第4圖を比較するに水分量-附着力曲線の形は大差なく唯附着力の最低となる水分量に於て粘土 20% の時の方が 1% 右遷してゐる。

次に水分を 6% に一定し砂粒直径と附着力との關係を粘土量 0% 10% 20% に就き測定し圖示すると第5圖の如くなる。

即附着力は常に粒徑大となるに隨ひ直線的に減少する。



其減少率即第6圖の關係直線の傾斜は 10% 20% の粘土を加へたる場合に粘土零の場合よりは急である。又粘土 10% と 20% とを比較するに前者はやゝ急になつてゐる。此結果を換言すると同じく 10% の粘土を添加するも附着力の増加は細粒に於て著しいが粒徑大となるに順ひ漸次小くなる。又大徑の粒子は 10% の粘土添加にては附着力の増加小徑粒子に比較し僅少であるが之も 20% にする時は附着力増加大となる。

次に此等の現象を少しく理論的に考察して見る事にする第1報に示せるが如く鑄物砂中の水分は砂粒表面をうる

ほすに要する水分と粘土に吸収され粘土の粘着力の根元となる水分とに分け考へる事が出来る。今 10% 粘土を添加せる場合を考ふるに鑄物砂の全水分は 6% にして一定なるがため粒子大になる時は小なる時よりも單位容積内の砂粒の全表面積小となるがため砂粒表面をうるほすに要する水分小となり爲めに粘土に吸収さるゝ水分は大となる。

然るに鑄物砂の水分 6% 近くに於ては粘土量 10% の時は第 3 圖に示すが如く水分の増加に依り附着力を減少しつつある時なるが爲め、上述の如く粒子大となる時は粘土に吸収さるゝ水分大となり附着力を著しく減少し粘土添加に依る附着力増加は小となる。

次に粘土を更に 10% 増加し 20% の場合を考ふるに粘土 20% に於ては 10% の場合よりも更に 10% 多く粘土存在するがため砂粒大となり粘土に吸収さるゝ水分増加するも砂中の單位重量の粘土に對する吸収水分の増加は 10% の場合よりも小なるが爲め粒徑 - 附着力直線の傾斜は小となる。一方粘土存在するが爲め粘土 0% の時と比較すれば 20% 粘土の方が直線の傾斜は急なり。

上述の結果を換言するに粘土を添加し鑄物砂の附着力を増加する効果は初め 10% を加へたる時は粒子小なる時顯著に現れ砂粒大になる程減退し終ひに其効果を殆んど現さなくなる。更に粘土を 10% 加ふる時は(即 20% の時は)此 10% 粘土の附着力増加に對する効果は微弱乍ら砂粒大となる程大となる。即粘土添加に依る附着力増加は粒徑及共存水分と不即不離の關係にある。

然るに世上往々にして粘土配合量を粒徑を無視して決定しゐる場合が多い。此點一考を要すると思ふ。即粘土量は粒徑に應じ決定さる可きものにして他の條件に依り決定せざるを得ざる場合は水分量に依り調整す可きものなりと云ふ事が出来る。

(3) 砂粒大さの影響 第 3 圖及第 4 圖を見るに次の如き現象を認める事が出来る。

a) 一般に砂は粘土の存在の有無に關せず砂粒の小なる程附着力大である。

b) 粘土が共存する時は水分 2~3% (粘土量 10% の場合) 近くより水分量の増加に依り附着力が減少するものであるが其の傾向は砂粒大なる程著しく、其傾向を示す曲線は砂粒大なる程傾斜急にして小なる程ゆるやかである。換言すれば砂粒大なる程附着力は含有水分量の影響を受け易い。

次に此等の現象を理論的に考察しようと思ふが今簡單ならしむる爲次の如き假定を置く。

(イ) 附着力試験機にて試験片が破壊する時破壊面は第 6 圖の如く平面なりとする。

(ロ) 砂粒は總て球狀にて第 6 圖の如く規則正しく排列してゐる。(實際の排列は後述の如く Ramming の程度に依り變化し複雑であるが砂粒大きさの影響を比較論する時は此の様に簡單化しても差支へない。)

先粘土存在せずして砂の強さが砂粒間に存在する水の表面張力に依り生ずる場合を考へて見る。

上述の如く假定する時は破壊面に於て破壊力に抵抗する最大抵抗力は次の如き式にて示す事が出来る。

$$\text{抵抗力} \propto \frac{2A\pi bs}{4} \quad (1)$$

A. 破壊面の一定面積中にある粒子の數

b. 第 2 圖に於ける 4 個の砂粒に内接する圓の半徑

s. 水の表面張力

(1) 式に於て s, π , は一定なるがため

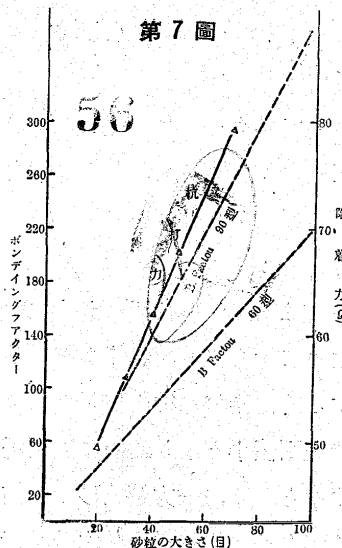
$$\text{抵抗力} = KAb \quad (2)$$

今 6 目 12 目 20 目 40 目 70 目 100 目に就き A b を表示すると第 1 表の如くなる。

第 1 表

目 數	粒子の大きさ (徑 mm)	A	b	Ab
6	1.68	25	0.69	17
12	0.84	100	0.34	34
20	0.42	400	0.17	64
40	0.21	1,600	0.085	136
70	0.07	6,400	0.041	264
100	0.10	12,544	0.029	375

今 Ab を Bonding factor なる言葉にて呼ぶ事にする。



上記計算結果より Bonding factor と目數との關係を圖示すると第 7 圖點線の如くなる。即目數に應じ直線的に變化する即計算上 Bonding factor 換言すれば最大附着力は粒子小となる程増加する。

次に第 1 圖に於ける附着力の最大値を第 7 圖に記入すると實線の如くなる。

即附着力が砂粒の大きさに應じ直線的に變化する事は

大略一致してゐる。

次に粘土の添加されたる時を考ふるに此の時に於ても附着力は水のみの時同様破壊面の單位面積内に存する砂粒接點の數と、單位接點の粘着力の積に比例する。而して破壊面の單位面積内に存する砂粒接點の數は砂粒半径の自乗に逆比例し、又單位接點の粘着力は第 2 圖に示す水の代りに水を吸収せる粘土が同一存在状態にて存するものなるがため砂粒に内接する圓弧の長さに比例する。

即粘土の存する場合に於ても粘土の吸収水分同一なる時は砂の附着力は上述 2 者の積即

$$1/r^2 \times r = 1/r$$

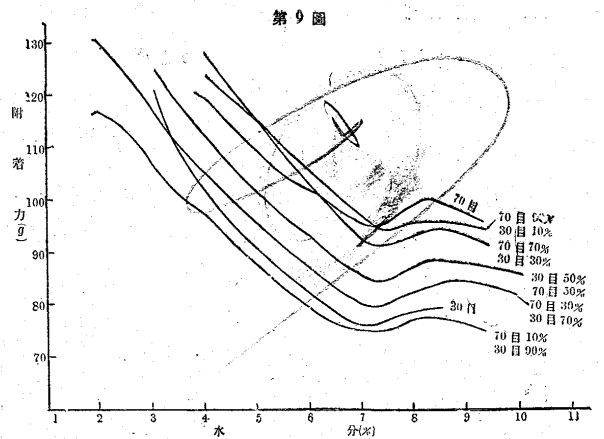
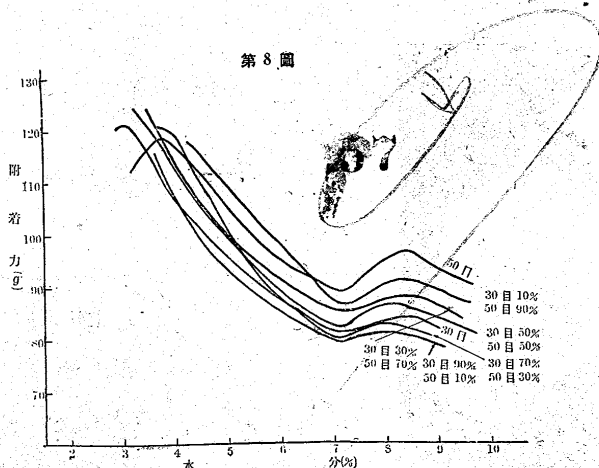
に比例する。即ち目數に比例し増大する。

次に粘土量 10% の場合水分が 2~3% より漸次増加し行く場合を考ふるに添加されたる水分は一部粘土に吸収されると同時に一部は砂粒表面をうるほすに消費される。

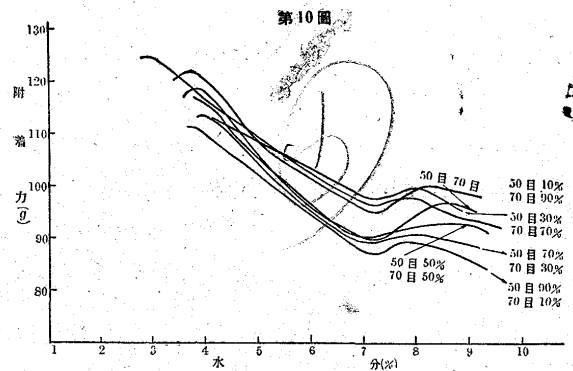
而して砂粒表面をうるほすに要する水分は砂粒小なる程其表面積の總和は大となる爲め多くを要する。即ち砂粒小なる時は添加されたる水分は砂粒表面をうるほすに多く消費さるゝ爲め粘土に吸収され附着力に影響する量少くなる換言すれば砂粒の小なる時は間接に粘土に吸収さるゝ水分少くなる爲め水分に依る附着力の低下少く 水分-附着力曲線の傾斜は大粒の場合よりゆるやかになるものと考へられる。

(4) 砂粒配合の影響 附着力に及ぶ砂粒配合の影響を見るため 30 目と 100 目, 30 目と 70 目, 30 目と 50 目, 50 目と 70 目, 70 目と 100 目の sub-angular grain sand に 10% の粘土を添加し、配合比を夫々 10:90, 30:70, 30:50, 70:30, 90:10 の場合に就き各水分値に於ける附着力を測定し第 8 圖より第 12 圖迄の如き結果を得た。

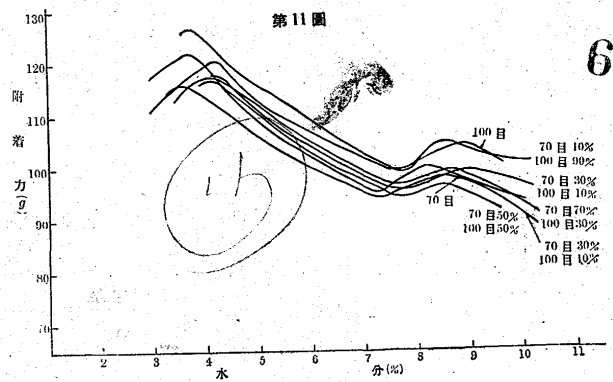
本圖を見るに個々の曲線の形は粒子の大きさ揃ひたる時



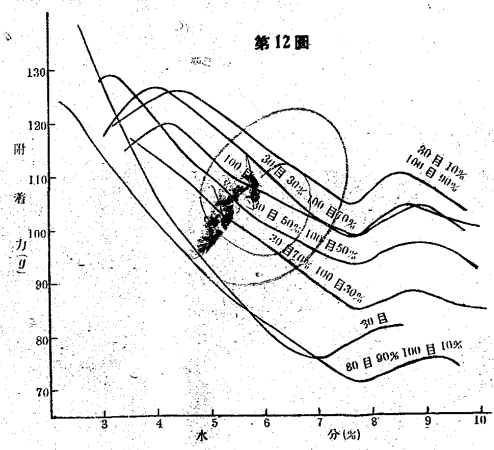
58



59



60



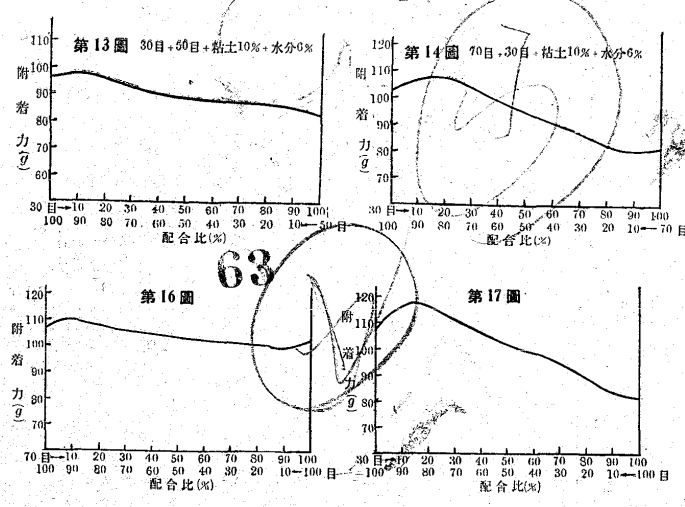
61

即均一粒子の場合と大差ない。又小粒子を多く含むもの程附着力は大となる傾向がある。

更に此結果を一層明瞭ならしむるため水分を 6% に一

並 25

定し配合比と附着力との關係を圖示すると第 13 圖より第 17 圖迄に示す如くなる。



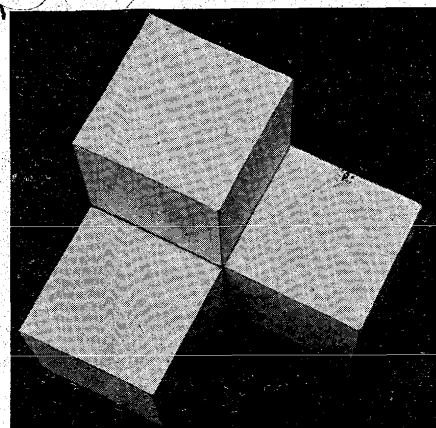
本圖を見るに附着力は大粒の配合比 10% 附近にて最大となる。即ち配合砂の附着力は小粒のみの場合よりも此に小量の大粒混じたる場合の方大となる。且又小粒に大粒を混ざる事に依り起る配合砂の附着力の増加は大粒及び小粒の大きさの差大なる程著しい、而して 2 種の粒子の大きさ接近したる例へば 100 目と 70 目、又は 30 目と 50 目程度のものは配合に依る附着力増加の點より言へば實際問題として均一粒子と見て差支へない。

次に此種現象を砂粒の配列及び附着力試験片の破壊面の性質の 2 方向より考察を加へて見る。

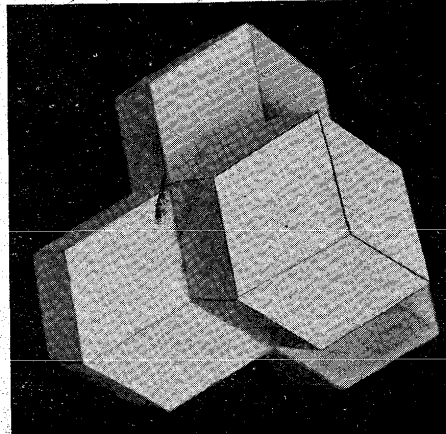
(a) 鑄物砂中に於ける砂粒の配列に就て 砂粒の配列は砂の詰方に依り變化し複雑なれ共、之を簡單化する時は大略標準として第 18 圖、第 19 圖の如く 2 種の配列を擧げる事が出来る。

第 18 圖は立方體を重ね其の各々に 1 個の砂粒が内接する配列で、第 19 圖は菱形 12 面體を積重ね其の各々に 1 個の砂粒を内接するものを示す。

第 18 圖 90° 型配列

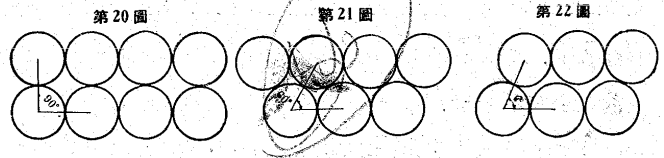


第 19 圖 60° 型配列

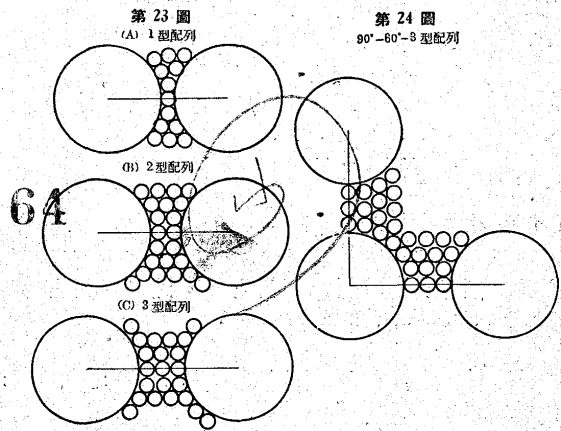


第 18 圖は砂の詰め方が最も弱き場合に考へられる理想的配列で第 19 圖は砂の詰め方が最も完全に行はれた理想的配列と考へ得られる。

而して此等の配列に於て砂粒の中心及び接點を通る断面を取る時は第 20 圖の如く第



18 圖型配列は何れの部分を取るも相接する砂粒の中心線は 90° にて交り、第 19 圖型配列は第 21 圖の如く 60° にて交る。又此中間に屬するものは第 22 圖の如く 90°~60° にて交る。故に著者は本研究に於ては第 20 圖型配列を 90° 型配列 第 21 圖型配列を 60° 型配列、其の中間を 6° 型配列と呼ぶ事にした。



次に大小砂粒の配合されたる時の配列の標準としては第 23 圖の如く大粒と大粒との最短距離間に何個の小粒を夾むかに依り 1 型配列、2 型配列、3 型配列、(以下之に準ず。) 等と呼ぶ事にした。

又配合砂に於ては上記呼稱を組合せ第 24 圖の如く大粒と大粒との關係位置が 90° 型にして、小粒と小粒が 60° 型に配列され、且大粒間に小粒が 3 個夾まれるるものを 90°-60°-3 型配列と呼ぶ事にした。(以下之に準ず)

次に此等の配列に於て砂粒の占むる

容積と砂粒間の空間の容積との關係を算出すると次の如くなる。

90° 型配列:

半徑 r なる球に外接する立方體の體積 $= (2r)^3 = 8r^3$

半徑 r なる球の體積 $= \frac{4}{3}\pi r^3 = 4.188r^3$

故に砂粒間空間の全容積に對する百分率は

$$\frac{8r^3 - 4.188r^3}{8r^3} \times 100 = 47.6\% \approx 48\%$$

60° 型配列:

半徑 r なる球に外接する菱形 12 面體の體積 $= 5.65r^3$

半徑 r なる球の體積 $= 4.188r^3$

故に砂粒間空間の全容積に對する百分率は

$$\frac{5.65r^3 - 4.188r^3}{5.65r^3} \times 100 = 25.8\% \approx 26\%$$

即同一重量の砂にても 90° 型に配列さるゝか、60° 型に配列さるゝかに依り容積は著しく變化し後述の破壊面を考ふる時は 90° 型は 60° 型に比較し單位破壊面中にある接點數小となり強度も小となる。

(b) 附着力試験片の破壊面に就て 前述の如く試験片が破壊を起す時外力に抗する力は破壊面に於ける砂粒と砂粒との結合力に依り生ずる。故に砂の強さは破壊面に存する砂粒接點の數と單位接點の強さに左右される。

今大きさ異なる 2 種の砂粒が配合されたる場合に就き考ふるに、此場合砂粒の結合に次の 3 種の場合がある。

- (イ) 小粒と小粒の接する場合 (ロ) 大粒と小粒の接する場合 (ハ) 大粒と大粒の接する場合

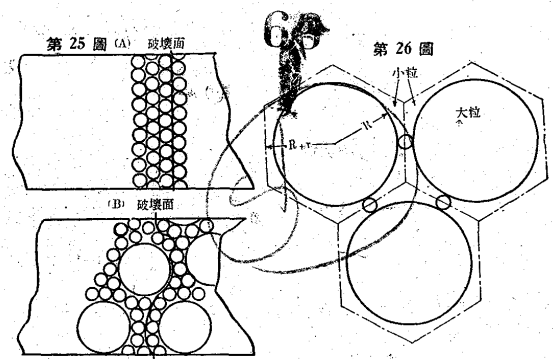
而して此等 3 者を比較するに粘土量、水分量同一なる時は接合力の強さは (イ)(ロ)(ハ) の場合の順序であるが、實際には小粒と小粒と接する場合と小粒と大粒の接する場合とは其接合力の差異僅少にして同等と見る事が出来る。

次に破壊面の廣さは大小砂粒の配合比に依り變化する。

即第 25 圖に示す如く配合砂は單一粒子の場合より複雑且つ廣くなり、破壊面中に存する砂粒接點の數も大となる此上述の様に配合砂が單一粒子砂の時よりも附着力大となる所以である。

今第 13 圖に示す如く小粒に大粒を配合し行く場合を考察するに第 25 圖 A に示す如く小粒のみの場合は破壊面簡單なれ共之に大粒混ざる時は第 25 圖 B に示す如く破壊面は大粒をさげ通ずるがため凹凸を生じ破壊面の砂粒接點が多くなって強度を増加する。

而して或程度以上大粒増加する時は大粒と直接接する様になり破壊面は簡單となり、又砂粒の接點數も減少



するものと考察される。

次に大小砂粒が配合されたる時の配列と重量比との關係を考察して見る事にする。

今 60°-60°-1 型配列に於て大粒半徑を R 、小粒半徑を r とする時は之を平面圖にて示す時は第 26 圖の如くなる。

即大粒 1 個に就き考ふる時は

大粒 1 個の重量は $4.18R^3\rho$

大粒 1 個を含む鑄物砂の總重量は

約 $(5.65(R+r)^3 - (5.65(R+r)^3 - 4.18R^3) \times 0.26)\rho$

ρ = 珪砂の比重

$5.65(R+r)^3$ = 半徑 $(R+r)$ なる球に外接する菱形 12 面體の體積

0.26 = 60° 型配列に於ける砂の全容積に對する空間の百分率

故に配合砂中の大粒の百分率 (重量にて) は

$$\frac{4.18R^3\rho}{(5.65(R+r)^3 - (5.65(R+r)^3 - 4.18R^3) \times 0.26)\rho} = \frac{100R^3}{(R+r)^3 + 0.26R^3}$$

同様にして 60°-60°-2 型配列では $\frac{100R^3}{(R+2r)^3 + 0.26R^3}$

60°-60°-3 型配列にては $\frac{100R^3}{(R+3r)^3 + 0.26R^3}$

今大粒の百分率 (重量) を x 、 $\frac{R}{r} = y$ とする時は夫々

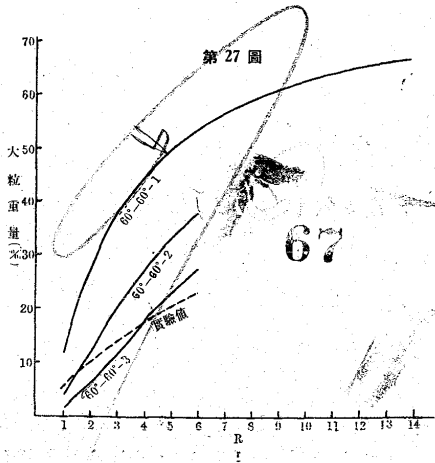
$$60^\circ-60^\circ-1 \text{ 型配列 } x = \frac{100y^3}{(y+1)^3 + 0.26y^3} \quad (3)$$

$$60^\circ-60^\circ-2 \text{ 型配列 } x = \frac{100y^3}{(y+2)^3 + 0.26y^3} \quad (4)$$

$$60^\circ-60^\circ-3 \text{ 型配列 } x = \frac{100y^3}{(y+3)^3 + 0.26y^3} \quad (5)$$

(3), (4), (5), 式の關係を圖示すると第 27 圖の如くなる。

次に第 27 圖に第 13 圖の如くして得たる實驗値: 即ち最高附着力を出す時の大粒重量百分率を記入する時は點線



の如くなる。
 即ち最高附着力を出す場合の配列は $\frac{R}{r}$ に依り變化するが大略 60°-60°-2 又は 60°-60°-3 型配列に近き事を知る。
 上述の破壊面の項にて述べたるが

如く配合砂の破壊面は 60° 型に於ては 60°-60°-1 型配列にて最も複雑となり、強度も最高となる様に考られる。

然るに第 27 圖に示すが如く最高強度を出す配列は 60°-60°-2 又は 60°-60°-3 型に近い。

此點一見矛盾せる様に考へらるゝが、此 R と r の關係に依り 60°-60°-1 型配列にては大粒間を完全に小粒にて接續し得ざる場合を生じ、破壊面は廣く且複雑になるが破壊面中に存する砂粒接點の數少いために依ると考へられる。

次に $\frac{R}{r} = \infty$ の場合、即ち均一粒子と粘土の配合されたる場合に就き考察を加へて見る。

上記の 3, 4, 5, 式を展開すると次の如くなる

$$60^\circ-60^\circ-1 \text{ 型 } x = \frac{1}{1.26 + \frac{3}{y} + \frac{3}{y^2} + \frac{1}{y^3}} \times 100$$

$$60^\circ-60^\circ-2 \text{ 型 } x = \frac{1}{1.26 + \frac{6}{y} + \frac{12}{y^2} + \frac{8}{y^3}} \times 100$$

$$60^\circ-60^\circ-3 \text{ 型 } x = \frac{1}{1.26 + \frac{9}{y} + \frac{27}{y^2} + \frac{27}{y^3}} \times 100$$

故に $y = \infty$ なる時は 60°-60°-1, 60°-60°-2, 60°-60°-3 型配列の何れも

$$x = \frac{1}{1.26} \times 100 = 79\%$$

即ち均一粒子と粘土の配合されたる時は砂粒 79% にて最高強度を出す事を知る。

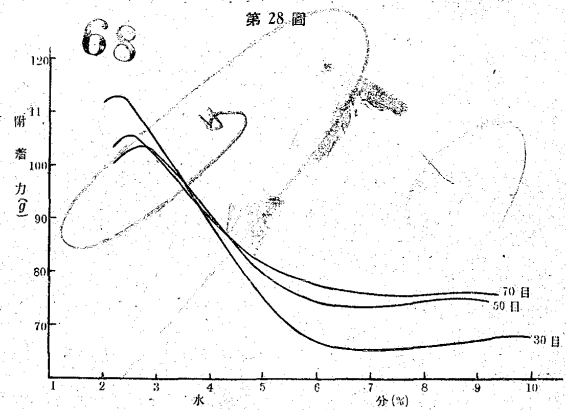
換言すれば約 1 粒子の場合、粘土により強度を向上する効果は重量にて粘土量 21% 迄有効にして此以上配合する事は効なき事を知る。

5 砂粒の形の影響 鑄物砂の附着力に及ぶ砂粒形状の影響を見る爲め、人造銀砂を天然銀砂同様にして篩分けし 30 目 50 目 70 目の各々に粘土 10% を添加し各水分値に

於ける附着力を測定し第 28 圖の如き結果を得た。

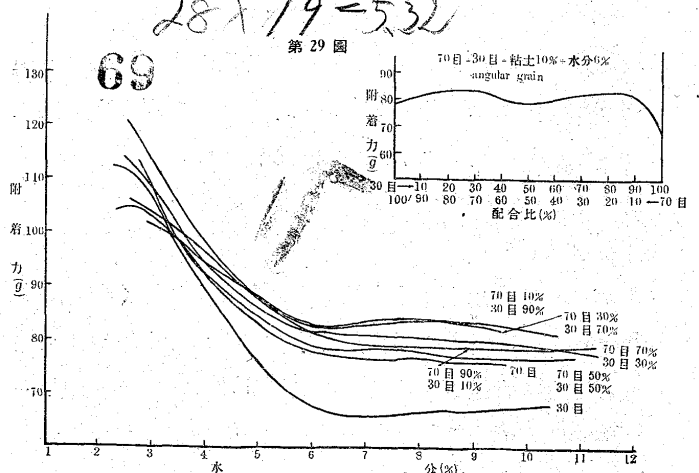
本圖を第 3 圖と比較し見るに、

- イ、人造銀砂は天然銀砂に比較し附着力に及ぶ粒子大きさの影響が少い。
- ロ、人造銀砂は天然銀砂に比較し水分 7~8% にて生ずる附着力の上昇少く殆んど認められない。
- ハ、人造銀砂に於ては其形複雑且變化に富むがため篩分けに依り正確に砂粒大きさを揃へる事困難なるがため砂粒大きさの影響明白に現はれるものと考へられる。



又水分 7~8% にて現はるゝ附着力の向上は前述の如く砂の flowability の向上に依り生ずるものにして、第 1 報に述べたるが如く砂の flowability は、人造銀砂は天然銀砂に比し小なるがため水分 7~8% にて現はるゝ附着力の上昇も少きものと考へられる。

次に大小粒子の配合されたる時砂粒の形が如何なる影響を及ぶかを見るため第 13 圖同様にして 70 目 + 30 目に就き調査し第 29 圖の如き結果を得た。



即配合砂に於ても人造銀砂は篩分け困難なるがため配合比-附着力曲線に於て其の正確なものを得難い。然し配合

により若干附着力を向上し特に大粒に少量の小粒入の時附着力の向上大である。此人造銀砂の大小粒の尖端の嚙合ひ關係に依るものと考察される。

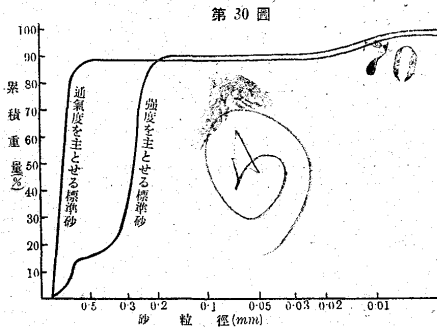
V 應 用 例

第 1 報及び本報に示せるが如く通氣度を主體とする時は砂粒分布は均一粒子なる事を必要とし、又強度を主體とする時は小粒子に大粒子を適當量配合するを要す。即標準砂としては通氣度を主にするか強度を主にするかに依り自ら異なる。

今 Terrzagie⁽¹²⁾ の土壤圖 示法を適用し標準砂の砂粒分布を圖示する時

は第 30 圖の如くなる。

鑄物砂として本圖の標準砂に示すが如き砂粒分布最適なれ共、實際問題と



して工場作業に際し此の如きものを自然に得る事困難にして、2 種以上の砂を配合し標準砂に近きものたらしめる事を要する。

次に上記調査結果を應用せる配合計算の一例を示す事にする。

先強度を主體とし、A, B, 2 種の銀砂を配合するものとする。且 A, B, 銀砂の篩分試験の結果を示すと第 2 表の如くなる。

第 2 表

目數	目の大 きさ	砂粒分布		目數	目の大 きさ	砂粒分布	
		A 銀砂	B 銀砂			A 銀砂	B 銀砂
6	3.36mm	6.79%	67.90%	70	0.21	9.58%	0.10%
12	1.68	11.83	27.50	100	0.149	5.54	0.05
20	0.84	11.17	2.50	140	0.105	3.50	0.05
30	0.63	29.38	1.70	200	0.074	1.25	—
40	0.42	12.29	0.25	270	0.053	0.63	—
50	0.37	13.21	0.20	殘	—	0.75	—

第 2 表を見るに A 銀砂は 30, 40, 50 目が主にして、B 銀砂は 6, 12 目が主成分をなしてゐる。故に次の如くして A B 銀砂の平均半徑を求める。

A 銀砂の平均半徑

$$\frac{0.315 \times 29.38 + 0.21 \times 12.3 + 0.17 \times 13.2}{29.38 + 12.3 + 13.2} = 0.256 \text{mm}$$

B 銀砂の平均半徑

$$\frac{1.68 \times 67.9 + 0.84 \times 27.5}{67.5 + 27.5} = 1.49 \text{mm}$$

故に $\frac{R}{r} = \frac{1.49}{0.256} = 5.8$

故に R/r=5.8 なる時最高附着力を出すに要する大粒% は第 27 圖より 23% なる事を知る。

即 A, B 銀砂を配合し 30 目+40 目+50 目に對し 6 目+12 目の配合百分率が 23% になるを要す。

故に A, B 砂の配合割合は次の如くして計算される。

	A 銀砂	B 銀砂
6 目+12 目		95.4%
30 目+40 目+50 目	55.9	2.2%

今 A:B=x:y の比に配合し

$$6 \text{ 目} + 12 \text{ 目} : 30 \text{ 目} + 40 \text{ 目} + 50 \text{ 目} = 77 : 23$$

になるとすれば

$$\frac{95.4y}{55.9 + 2.2y} = \frac{23}{77} \quad (6)$$

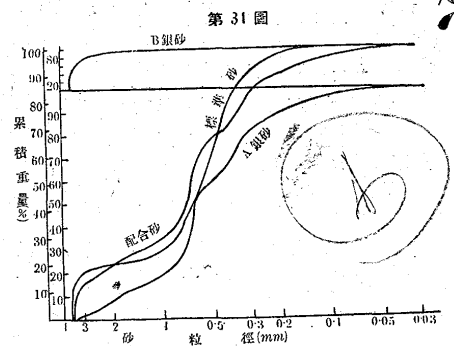
$$x + y = 100 \quad (7)$$

式より $y = 15\%$

即 A:B=85:15 の割合に配合するを要す。

次に上記計算結果を松塚博士⁽¹³⁾

の配合作圖法を應用し作圖する時は第 31 圖の如くなる。即配合砂は標準砂に近似の形を取る。



而して上記配合計算法は單に鑄物砂のみならず、製鋼爐の裏付スタンプ材他にも應用し得るものと思ふ。

VI 結 言

上述の實驗結果を綜合すると次の如くなる。

(1) 水及粘土の影響

- (イ) 水分のみの影響は水分 8~12% 迄水分の増加に依り附着力を向上する
- (ロ) 水及粘土の共存する時は低水分にて最高附着力を示し以後水分の増加につれ附着力低下し、更に水分増加する時は再び向上する。此附着力の上昇は砂の flowability に依り説明せられる。
- (ハ) 粘土添加に依り附着力を増加する効果は共存水

分及び粒子の大きさと密接な関係があるが、理想的條件にては附着力を向上するに有效なる最高粘土量は重量にて 21% である。

(2) 砂粒の影響

- (イ) 附着力は水分及び粘土の存在状態同一なる時は砂粒の小なる程大である。
- (ロ) 附着力は砂粒大なる程水分の影響を受け易い。
- (ハ) 大小砂粒の配合されたる時は小粒に少量の大粒を混じたる時附着力最大にして、且又最大附着力を與へる大粒の量、及び附着力の増加は大小粒の半径比に依り變化する。
- (ニ) 大小砂粒を配合して強度を向上するには大小砂粒の大きさの差大なる程有效である。又砂粒の大きさの差大なる程小粒の配合比小にて附着力は最大となり其極限值は 21% である。
- (ホ) 人造銀砂は天然銀砂より強度小である。又 flo-

wability に依る附着力の向上も小である。

終りに臨み始終御懇切なる御指導を賜りたる九州帝國大學教授井上博士、谷村博士及び當社熱田工場長林達夫氏、研究部長錦織博士に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 書

- 1) 鐵と鋼第 19 年 1 號
- 2) Die Giesserei s 239 1929
- 3) Foundry trade journal 11-15 1934
- 4) Report of central institute of metal Vol 16 1934
- 5) 鑄造第 5 卷 10 號
- 6) 鑄造
- 7) 松塚清人: 鐵と鋼第 20 年 5 號
- 8) Die Bodenkolloide s 98 1928
- 9) 池原, 小高: 最近土質力學說
- 10) Bole: Journal of American ceramic society p 472 1922
- 11) Victor Lenher: Journal of American Chemical society p 391 1921
- 12) Terzaghi: Erdbaumechanik, Ingenieur Geologie
- 13) 松塚清人: 旅順工科大学彙報第 20 號

日本ニツケル會社の特許ダイレクトロールの試運轉

割期的貧鐵處理法によつて我國最初の金屬ニツケル製出に成功し更に其の採算好化を目的とする副産物ニツケルクロムスチール並に 13クロムステンレススチールの製造並に加工に邁進して正に時局の波に乗つた觀がある最近の日本ニツケルでは豫てこれを我國最初のダイレクトロール(爐から流出する熔鋼を從來の如く一度インゴットすることなく、直にロール機に流し込んでトコロ天式に壓延する)を開始すべく若泉工場に於て着々準備中であつたが去る 7 日試運轉を行つたところ見事に幅 30cm, 厚味 7mm の鋼板 4m を製出し豫期以上の好成績に一同凱歌を擧げた。勿論鋼板の種類其の他によつて今後も研究熟練を要する點多々ありと想はれるが以上は全面的成功の大半を収めたものと觀て差支へなくやがて軌道に乗た曉は獨り本社企業上一エボックを劃することゝなるに止まらず我國歴延作業革新の氣運を助長すること豫想に難からず先に金屬ニツケル國産の先驅を爲した本社はこゝに又復同様の榮譽を擔ふことゝなつたわけである

今此の企業的價値を云々すれば簡単に指摘しても次の如く大なるものがある

- (1) インゴットから壓延加工を行ふ場合のロスが此の場合は皆無と云てよいほどである
 - (2) インゴットを再び灼熱する場合の如き熱量を必要としない
 - (3) 動力が比較にならぬ程少量で済む
 - (4) 壓延時間が頗る短い。例へば此試験運轉では 500kg を僅々五分間で處理してゐる
 - (5) 機械運轉要員の節約
- 之等によつて一應當り幾許の節約となるかは該鋼鐵製品の形狀其他によつて異なるが、平均 2~300 圓は見込んで宜しく更に現在ア

メリカで行はれてゐるが如く從來のロール機を本機械に接續させて一貫的機械壓延が行はれるやうにでもなれば其成果は驚異的なものとならう。

ところで此のダイレクトロールなるものは我國では現在銅、眞鍮に行はれてゐるのみであつて之を鋼鐵に使用してゐるのは現在アメリカ一國に止り之をハザレットシステムと稱してゐる本社の村上式と呼ばれ特許製鉄株式会社所有の特許となつてゐるのを當社が分權されたものである。而して特許製鉄に於ける取締役會の内規では取締役全員一致の承認を経なければ他に分權出来ないことゝなつてをり日本ニツケルの芝辻社長が其の取締役である關係上先づ同社に分權して實際に應用することゝなつたものである

從て同社の成功による利益は之を殆ど獨占することが出来る、たゞ特許製鉄の親會社に東洋鋼板があり又其の上に東洋製鐵が控へてゐる之等は日本ニツケルの結果を觀て利用することゝならうが、それは寧ろ同社に多大の利益を齎すといふ關係が窺知されるといふのは東洋鋼板の製品は大部分罐詰の罐材料たる 4ft 幅のフープ製造にあるが罐詰用罐の防錆に使用してゐる錫が昂騰して以來ステンレススチールを用材とする研究がしきりに行はれてゐる、然し未だ値段の點では採算不可能とされてゐるのであるがダイレクトロールによつて採算可能となる希望が著しく、延いて日本ニツケルのステンレススチールに大きな捌け口となるわけである、だが其の時代にはたゞに罐詰用に限らず廣汎な販路が開かれステンレス時代現出の希望も今や決して夢想ではなくなつて來たのである斯くして金屬ニツケルの採算も向上し綜合的企業によつて同社の基礎が確立することはニツケルに於ける貧鐵處理法の凱歌を世界に響かせることに外ならずたゞに戰時下の喜びに止まらないであらうと(新聞抜萃)