

# 鐵と鋼

## 第四年第十二號

大正七年十二月二十五日發行

### 鑄型に鎔鋼を注入する方法に就て

山田 太郎

序。歐洲戰亂勃發以來、本邦に於ける百般の工業は長足の進歩をしましたが、就中造船業及製鋼業は其顯著たるものであります。従つて之に隨伴する鑄鋼物の需用は、日を逐ふて増加すると共に、或は既設工場を擴張し、或は新に鑄鋼場を創設する也。斯業に従事する者も亦一層激増致しました。前に私は實地鑄鋼上須要なる鑄鋼物の押場に就いて其大略を述べましたから、茲には鑄型に鎔鋼を注入する方法に就いて聯か所感を述べてみようと思ひます。

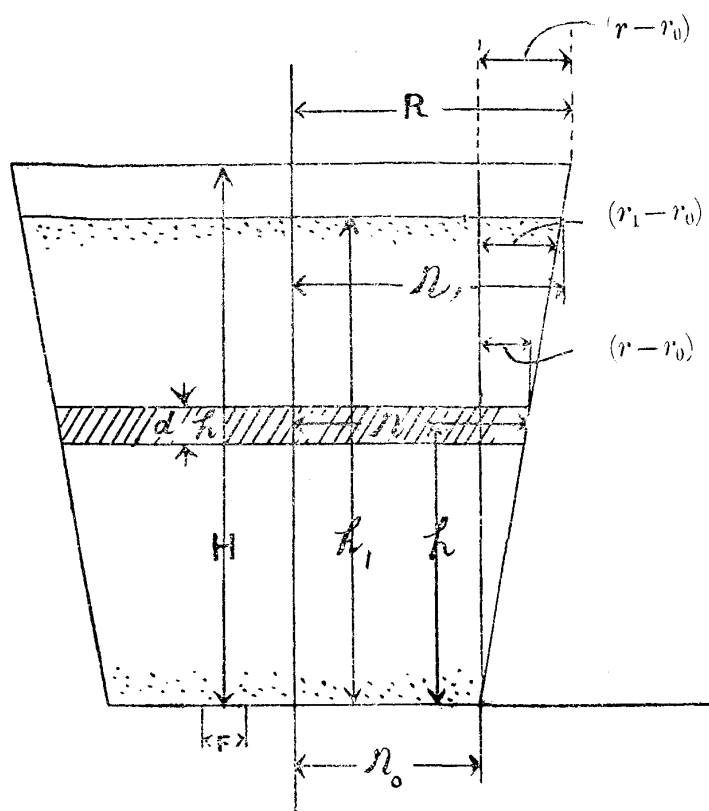
取鍋内の鎔鋼が流出する時間の算出法、及鑄型へ鎔鋼を注入する方法。

#### 一、取鍋内の鎔鋼が流出する時間の算出法。

凡そ鑄鋼物は、其形狀千態萬化極まり無きが故に、當該鑄型に鎔鋼を注入するに當りては、夫々適當なる方式を採用せなくてはなりません。又鑄型が巨大なる時は、鑄型に鎔鋼を充滿するに、可成り長い時間を要します。然るにインゴットの様な太物は例外であるが、一班に鑄型に鎔鋼を充滿する時間は、餘り長からざるを貴ぶのであります。夫れ故に、重量が過大にして、然かも其形態複雑なる鑄型に鎔鋼を注入するに當り、各取鍋の容量少量なる爲め、二個の取鍋を使用して同時に注入せなければならぬ様な場合に遭遇した時には、先づ觀察者の便宜の爲め、豫め當該二個の取鍋より流出する時間を計算

し、鑄型に鋼滓が入らない様に注意せなければなりません。何となれば、若し過つて鑄型の中に鋼滓が入つたならば鑄型の形狀如何に依りては、其鑄鋼物を廢物とせなければならん様な事になるからであります。かるが故に、鑄鋼の注入方法を論說するに先だちて、各取鍋にある鑄鋼の流出時間の算出方法を説明させよう。

第一圖に於て



$A_0$  = (取鍋の底部に於ける面積)  $= \pi r_0^2$

$A_1$  = (取鍋内の鑄鋼の上面に於ける面積)  $= \pi r_1^2$

$A$  = (取鍋の中間任意の部位に於ける面積)  $= \pi r^2$

$R$  = (取鍋の頂部に於ける半径)

$H$  = (取鍋の全長)

$h_1$  = (取鍋の底部より鑄鋼の上面迄の距離)

$h_0$  = (取鍋の底部より中間の任意の所迄の距離)

$w$  = (取鍋内に注入したる鑄鋼の重量を封度にて表示したる數量)

$s$  = (鑄鋼一立方時の重量を封度にて表示したる數量)  $= 0.268$  今第一圖に示す取鍋に  $w$  封度の

鑄鋼を注入したる時當該鑄鋼の上面より取鍋の底部迄の距離  $h_1$  及  $(r_1 - r_0)$  を求めよ。

$$(r_1 - r_0) : (R - r_0) = h_1 : H$$

$$(r_1 - r_0) = \frac{(R - r_0) h_1}{H} \quad (1)$$

$$W = \frac{\pi}{4} \left\{ 2r_0 + (R-r_0) \frac{h_1}{H} \right\} s h_1$$

$$W = \frac{\pi s l_1}{4} \left\{ (2r_0)^2 + 2(2r_0)(R-r_0) \frac{h_1}{H} + (R-r_0) \frac{h_1}{H} \right\}$$

$$\therefore \left( \frac{R-r_0}{H} \right)^2 h_1^3 + \frac{2(2r_0)(R-r_0)h_1^2}{H} + (2r_0)^3 h_1 - \frac{4w}{\pi s} = 0$$

一班に取鍋に於ては第一項は極く小さな数であるから之を省略すれば上式は二次方程式となる。

$$\therefore h_1 = \frac{H \left\{ -(2r_0)^2 \pm \sqrt{(2r_0)^4 + \frac{8(2r_0)(R-r_0)}{H} \times \frac{4w}{\pi s}} \right\}}{4(2r_0)(R-r_0)} \dots\dots\dots (II)$$

$\mu$  = (鎔鋼の流出係数) < 1

$F$  = (鎔鋼の流出口の面積)

$g$  = (重力より起る加速度にして大約一秒に付き毎秒  $32.2 \frac{ft}{sec^2} = 386.4 \frac{cm}{sec^2}$ )

$dt$  = (微小なる時間)

$dh$  = (微小なる高さにして  $dt$  秒間に變化する高さ)

$\sqrt{2gh}$  = (高さ  $h$  に起因する速度を一秒間に付き時を以て表はしたる數)

$\mu F \sqrt{2gh}$   $dt$  = ( $dt$  間に流出する鎔鋼の容積)

$A dh$  = ( $dt$  間に鎔鋼が落下する爲めに取鍋中に生ずる空虚の容積)

故に  $\dots - A dh = \mu F \sqrt{2gh} dt$

然るに  $(r_1-r_0) : H = (r-r_0) : h$

$$(r-r_0) = \frac{(r_1-r_0)h}{H}$$

鑄型に鎔鋼を注入する方法に就て

故に  $A$  = (取鋼の中間の任意の所に於ける面積)  $= \pi r^2$

$$= \pi \left\{ r_0 + \frac{(r_1 - r_0)h}{H} \right\}^2$$

$$= \pi \left\{ r_0^2 + 2r_0 \frac{(r_1 - r_0)h}{H} + \left( \frac{r_1 - r_0}{H} h \right)^2 \right\}$$

$$= \pi r_0^2 + 2\pi r_0 \frac{h}{H} + 2\pi r_0^2 \frac{h^2}{H^2} + \pi r_1^2 \frac{h^2}{H^2} - 2\pi r_0 r_1 \frac{h^2}{H^2} + \frac{\pi r_0^3 h^2}{H^2}$$

$$= A_0 + \frac{2}{H} \left( \sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) h + \frac{1}{H^2} \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) h^2$$

$$\text{故に } t = \int_{h_1}^h \frac{A}{\mu F \sqrt{2gh}} dh = \frac{1}{\mu F \sqrt{2g}} \int_{h_1}^h \frac{A}{h \sqrt{h}} dh$$

$$= \frac{1}{\mu F \sqrt{2g}} \int_{h_1}^h \left[ \frac{A_0}{h^{1/2}} + \frac{2}{h_1} \left( \sqrt{A_0 A_1} - A_0 \right) h^{1/2} + \frac{1}{h_1^2} \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) h^{3/2} \right] dh$$

$$= \frac{1}{\mu F \sqrt{2g}} \left[ 2A_0 (h_1 - h)^{1/2} + \frac{4}{3h_1} \left( \sqrt{A_0 A_1} - A_0 \right) (h_1 - h)^{3/2} + \frac{2}{5h_1^2} \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) (h_1 - h)^{5/2} \right]$$

$$= \frac{2h_1}{\mu F \sqrt{2g} h_1} \left[ A_0 \left( 1 - \frac{h}{h_1} \right)^{1/2} + \frac{2}{3} \left( \sqrt{A_0 A_1} - A_0 \right) \left( 1 - \frac{h}{h_1} \right)^{3/2} + \frac{1}{5} \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) \left( 1 - \frac{h}{h_1} \right)^{5/2} \right] \dots \dots (III)$$

(III) 式中  $h=0$  なる時は

$$t = \frac{2h_1}{\mu F \sqrt{2g} h_1} \left[ A_0 + \frac{2}{3} \left( \sqrt{A_0 A_1} - A_0 \right) + \frac{1}{5} \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) \right]$$

$$= \frac{2h_1}{15\mu F \sqrt{2g} h_1} \left[ 15A_0 + 10 \left( \sqrt{A_0 A_1} - A_0 \right) + 3 \left( A_1 - 2\sqrt{A_0 A_1} + A_0 \right) \right]$$

$$= \frac{2h_1}{15\mu F \sqrt{2g}} \left[ 8A_0 + 4\sqrt{A_0 A_1} + 3A_1 \right] \dots \dots \dots (IV)$$

例題 1.  $r_0=29$  吋,  $R=34\frac{1}{4}$  吋,  $H=70$  吋なる取鍋に  $W=23$  噸の鎔鋼を注入して之を  $F=(3\frac{1}{2})$  吋直徑の流出口二個の面積 $=19.24$  平方吋より全く流出するに要する時間は何秒なるか。  
 $W=23$  噸 $=2240 \times 23$  封度,  $\pi=\frac{22}{7}$  であるから以上の數値を(II)式に置換すれば

$$h_1 = 70 \times \left\{ -(58)^2 \pm \sqrt{(58)^4 + \frac{8 \times 58 \times 5\frac{1}{4}}{70} \times \frac{4 \times 23 \times 2240 \times 7}{22 \times 0.268}} \right\} \\
= \frac{70}{1218} \times \left\{ -3.364 \pm 4.453.2 \right\} = \underline{\underline{62.6}}$$

又(I)式に依り  $(r_1-r_0)=\frac{(34\frac{1}{4}-29) \times 62.6}{70} = \underline{\underline{4.7}}$

(IV)式に於て  $h_1=62.6$ ,  $F=19.24$

$$A_0 = \frac{\pi}{4} \times (58)^2 = 2642.1$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times (67\frac{3}{8})^2 = 3565.2$$

$$\sqrt{A_0 A_1} = 3069.14$$

$$\text{故に } t = \frac{2\sqrt{62.6}}{15\mu \times 19.24 \sqrt{2 \times 386.4}} \left[ 8 \times 2642.1 + 4 \times 3069.14 + 3 \times 3565.2 \right] \\
= \frac{7.9}{4011.54\mu} \times 14,108.96 = \underline{\underline{\frac{1}{\mu} 87 \text{ 秒}}}$$

例題 2.  $r_0=24$  吋  $R=28$  吋  $H=58$  吋なる取鍋に 12 噸の鎔鋼を注入し之を 87 秒間に流出するに要する流出口直徑は如何。

(II)式に於て  $R-r_0=28-24=4$ ,  $W=12 \times 2240$  封度

9

$$\therefore h_1 = \frac{58 \times \left\{ -(48)^2 \pm \sqrt{\frac{8 \times 48 \times 4}{58} \times \frac{4 \times 12 \times 2240 \times 7}{22 \times 0.268}} \right\}}{4 \times 48 \times 4}$$

$$= \frac{58}{768} \times \left\{ -2304 \pm 2947 \right\} = 48.5^{\text{吋}}$$

$$(IV) \text{式に於て } (r_1 - r_0) = \frac{(28 - 24) \times 48.5}{58} = 3.345^{\text{吋}}$$

$$A_1 = (24 + 3.345)^2 \pi = 2348.9$$

$$A_0 = (24)^2 \pi = 1809.6$$

$$\sqrt{A_0 A_1} = \sqrt{4250569.44} = 2061.7$$

$$\text{故に } F = \frac{2 \times \sqrt{48.5}}{\mu \times 15 \times 87 + \sqrt{2 \times 386.4}} \times \left[ 8 \times 1809.6 + 4 \times 2061.7 + 3 \times 2348.9 \right]$$

$$= \frac{14}{\mu \times 36279} \times 29,770.3$$

$$= \frac{1}{\mu} \times 11,4883$$

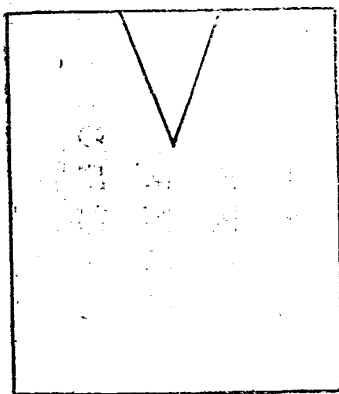
$$= \frac{1}{\mu} \times \frac{\pi}{4} \left\{ (3)^2 + \left( \frac{23}{8} \right)^2 \right\}$$

即ち所要の鎔鋼の流出口の直径は、三吋のもの一個と、二吋八分の三のもの一個、都合二個であります。以上は鋼滓の量を度外視したる時に於ける、理論上の算出数であるが、實際に於ては、各流出口の形状及大小如何に依つて、 $\mu$ の値を異にするのであります。

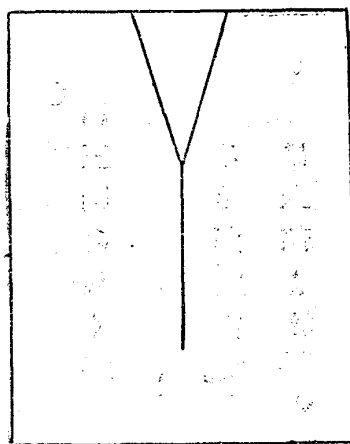
二、鑄型へ鎔鋼を注入する方法。

鑄型へ鎔鋼を注入する方法を、鑒注式、横注式、及傾注式の三項に分類して其概略を陳べませう。

第二圖



第三圖



## (1) 堅注式鑄鋼法

此式に適當なる鑄鋼はインゴット、ロール及シリンダー類の様な物であります。鑄型を直立して、此中へ鑄鋼を注入するとしても、更に上部より注入した方が利益であるか、將た又、下部より注入して鑄鋼を押し上げた方が利益であるかは、夫々鑄鋼物の目的の如何に依りて決定す可きものであつて、何れも、一長あれば一短ありて、一概に斷定する事は出來難いけれども、先づ自分の所存の大略を述べませ

5. 鑄鋼は鑄型に入りて凝固する時、著しく其容積を縮小します。其收縮率は、一呎に付き十六分の三吋にして外部先づ凝結し、漸次内部に及び著しく、最後に凝固したる部分に空虛を生じます。之即ち收縮孔であります。

鑄鋼に於ては、其の含有原素は均等に存在するけれ共、之が一度凝結する時は、或原素は局部に析出する爲め、所々に其成分を異にします。即ち鑄鋼を鑄型に注入せば、先づ最初に凝固する外部には早く凝固するものです、換言すれば、鑄融點の高きものが集積し、又鑄鋼塊の内部即ち最後に凝固する部分には、最も鑄融點の低きものが析出します。鋼の内で、鑄融點の低き物は、磷、硫黃、炭素等にして、是等の諸原素は、鑄鋼塊の内部に集積し、時としては使用に適せざる程、其鋼質が不純となるのであります。此の

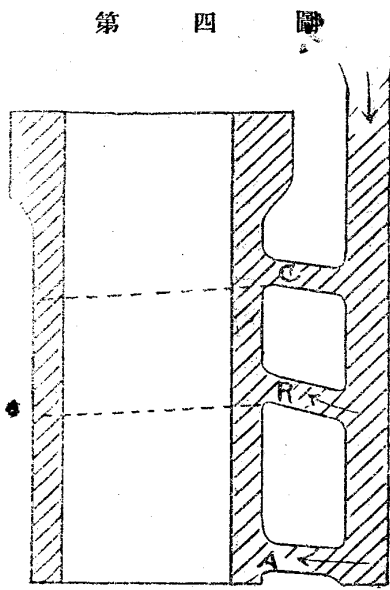
理に依つて、鑄鋼塊を造るに當り、鑄鋼を鑄型の上部より靜かに鑄型に注入すれば、最終に高熱の鑄鋼を受け取りたる上部は、最後に凝固して第二圖の如き空虛孔が出來ます。されど、急劇に鑄鋼を鑄型に注入するか、又は鑄鋼の運動が烈しき時は第三圖の如く縦に沿ふ

て收縮管を生じます。

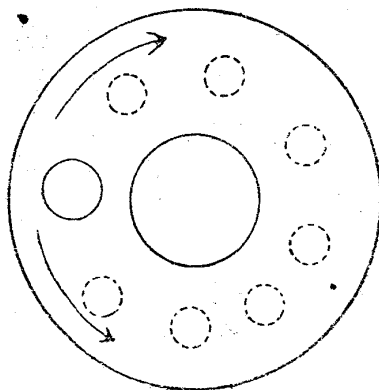
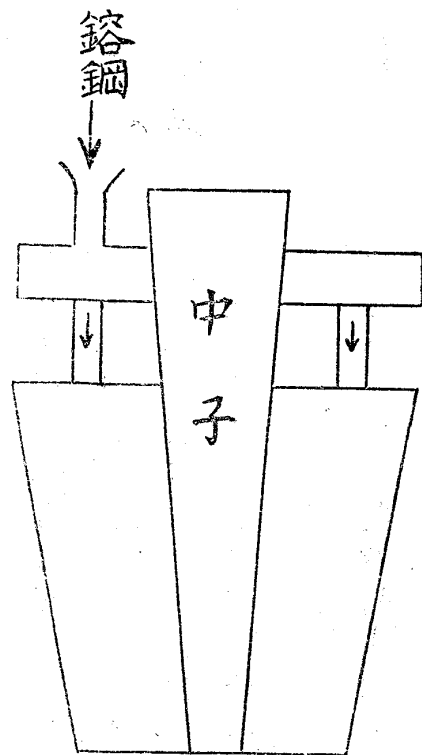
又鑄型の底部より注入する時は、第三圖の如く縦に沿ふて收縮管を生じます、それ故に、軸類製造用材料としては、第二圖に示す法式を採用して、靜かに注入するが適當でありますが、中空物の製造材料としては、第三圖に示す法式を採用するのが適當であります。

小さなロール及圓筒の根なきものは、上部より靜かに注入するも宜しけれども、其大なる砂型に在りては、鎔鋼が落下する勢力の爲めに、鑄型を毀損する恐れがありますから、第四圖に示してある様に、湯口の底部に耐火煉瓦を敷いて且つ鑄型の大きさの如何に依りて、サソイの數を適當に加減するが良いと思ひます。そうすれば、鎔鋼は、先づAより入り、B迄上ければBより入り、C迄上がればCより入る、又Cより入る鎔鋼の壓力が弱くて、鑄型の上部迄鎔鋼を充滿するに餘り時間が掛かる様であります。したならば、最後に鑄型の上方より注入するが良い。そうすれば鑄型を毀損する事が無く、且つ靜かに鑄込む事が出来ます。

大なるロール、及圓筒を鑄込むに當り、以上の様に湯口を設置すれば、これが爲めに消費する鎔鋼の



第五圖



量も可成多いから、之を節減せんと思はゞ、第五圖の様なものを造つて鑄物砂にて内塗りして、底部に小孔を多數設けて之れより鎔鋼を流出して鑄型に鑄込めば良い。さすれば其滴下する鎔鋼は鑄型を毀損する事なく、且つ鑄込みたる鎔鋼に烈しき運動を與ふる事なく、比較的靜かに鑄込む事が出來ます。

## (2) 横注式鑄鋼法

此式は、一般に採用せらるゝ鑄込法であつて、船尾材、船首材、舵柄、舵骨其他諸機械のフレーム等の様な其形態廣大なるか、又は肉の厚薄甚しきか、又は鑄鋼物の形狀如何に依りて豎注式鑄鋼法にては、到底押湯する事が出來難い様な物に採用されます。又小物でも、其形狀が極めて單純なる圓筒又は角柱等の様な物以外は、大概此式で鑄込むが宜しいのであります。例へば、ブラケット及車輪等の様な物であります。

然し、工場の設備の如何即ち起重機的能力、鑄型枠の都合等の如何に依りては、豎注式鑄鋼法を採用する方が鑄鋼物の爲めに宜しき場合と雖も、横注式鑄鋼法を採用せなくてはならない様な場合が往々ありますから、一概に何れの法式に依らなければならぬと云ふのではありませんが出來得るならば、形狀簡單にして、而かも肉の厚薄に大差なき圓筒の様な物は豎注式鑄鋼法を採用して欲しいと云ふのであります。又肉薄にして、鎔鋼の廻り具合惡しきものに注入せんと思はゞ、其形狀及大小の如何に依りて掛堰を造り、鑄型の各所より一時に鑄込み得る様に鑄口及サソイを多くして、成る可く高温度の鎔鋼を注入すれば良いのであります。何となれば、凡そ鎔鋼の凝固たるや、鑄鐵や砲金の凝固點より高い丈け早いのであります。そして、肉薄の鑄物に注いだ時に、殊に早く凝固するからであります。

## (3) 傾注式鑄鋼法

傾注式鑄鋼法は前に述べました豎注式及横注式にては思はしくない場合に採用するのであります。

10

す。例へば薄い鋼板を鑄造するに當り、之を横注式に依る時は、鎔鋼の廻り具合が悪い、即ち器物が餘り薄さが爲め、鑄型に注入するや、餘程迅速ならざれば、鑄型に熱を奪はれて、鎔鋼は鑄型を充滿せずして中途で凝固し、夫れが爲め湯堦が出来て、完全なる鑄鋼物が出来ません。かるが故に、鎔鋼を注入する時に此鑄型を傾斜して注入口を太くし、高ひ側より間斷なく注入すれば横注式の時よりは流入速度を増し、其目的を到達する事が出来ます。勿論此の場合と雖も、鑄型内の空氣其他有害物の流出に便宜なる様に注入口の反對即ち鑄型の下がつた方に流出口を設くるを要します。然し鑄型は流入する鎔鋼の勢ひに依つて毀損されはしまいかと云ふ心配が起りますが、凡そ燒型でありましたならば、先づ大丈夫であります。今參考の爲めに生型及燒型の強力の實驗成績を述べませう。

$1 \times 1 \times 12$  の砂柱が濕潤せる時の重量  $W = 0.9$  封度にして

切斷片の長さ  $w = 2\frac{3}{8}$  吋なる時

$$\text{切斷面積一平方吋の耐張力 } f_w = \frac{wx^2}{4} = \frac{0.9 \times (2\frac{3}{8})^2}{4} = 1.3 \text{ 封度}$$

之を乾燥したるに其重量  $w = 0.8$  封度となつた。

而して重錘の重量  $w_1 = 0.6$  封度

切斷片の長さ  $w = 8\frac{1}{2}$  吋

切斷點と重錘の重心線迄の距離  $a_1 = 8$  吋なる時

其切斷面積一平方吋の耐張力

$$fd = \frac{wx^2}{4} + 6w_1a_1 = \frac{0.8 \times (8\frac{1}{2})^2}{4} + 6 \times 0.9 \times 8 = 14.45 + 28.8 = 43.25 \text{ 封度}$$

前述の様な薄物を鑄造する場合に豎注式を採用すれば如何であるかといふ問題が起るが、成る程

堅注式は至極宜しけれ共、堅注式用の鑄型枠が無き場合は、矢張り傾注式を採用するより仕方がありません。要するに、鑄鋼術に於て湯注ぎ法の如何は鑄鋼物の大小、厚薄の如何と鑄鋼場の設備如何に依りて大略以上の三法中、何れかを採用する事になるのであります。(完了)

## 鑄鋼と鍛鋼との抗張力試験成績に就て

(本試験は編者神戸在勤中飯山技師の命に依り施行したるものなり)

鐵道院工作局車輛課技師 小 河 原 藤 吉

### 緒 言

鑄鋼と鍛鋼との性質の差異換言すれば鍛錬によりて鋼の性質か如何に變化するかに就て先年川崎造船所、住友鑄鋼所及神戸製鋼所に依頼し試験せしことあり、其の成績に就て記述せんとす。

鑄鋼は一般に鍛鋼に比し脆弱なりと認められ鐵道院の仕様書に於ても前者は後者より同し抗張力に對して延伸率甚だ小なり、然るに實際の成績を見れば適當に軟化されたる鑄鋼は軟鑄鋼坑張力三七—四四庇、延伸率二〇%以上に於ては其延伸率三〇%以上に及び、硬鑄鋼坑張力五〇—六〇庇、延伸率一二%以上)に於ても二七%に達する場合ありて、鍛鋼より却て其品質の優良なることを思はしむることあり。

鋼の品質に就て其の優劣を定むるには目的に應じて種々の試験を施行し其の結果に依り判斷せざる可からず、抗張力、屈曲、打撃、繰返し試験等に加ふるに化學分析及檢微鏡試験を施行し使用目的に依りて其の適否を定む、但し最普通に施行するは抗張力試験にして、鋼の仕様書亦主として抗張力及