

鋼橋の工作と其の監督 (一)

内務技師 青 木 楠 男

緒 言

東西をこはず難解な鋼構造物の理論を説いた書籍は極めて多い、又不斷の努力をつゞけて深遠な未知の諸問題の解決に没頭しつゝある學究の徒の數も尠なくないものゝ信ずる。然るに此等迂遠なる學理の應用を尊き研究の結果より案出せらるゝ各種鋼構造物の製作が徒らに製作者の手にのみ委ねられ、一般構造技術者から注意を拂はれることの比較的少いことは、この方面に關して深く取扱つた書籍の僅少ななる點竝にこの問題を論議する人の割合に僅かなる點より量り知ることが出来るのである。

斯くの如きは甚だしい矛盾であつて、製作者が設計者の

意を充分考慮せず徒らに工作の迅速を經濟に没頭し、其の工作の精度に、其の鋼材の取り扱ひに非合理的の點あらんか百千の理論も、幾百頁の計算も何等の價値を有せざるものゝなり得るのであらう。

翻つて本邦橋梁技術界の趨勢を見るにこの傾向が殊に甚しいを稱せざるを得ないのであるまいか、學校はたゞに橋梁の理論の教授にのみ其の力を盡し、工作法、架設法等に關しては僅かに數時間を割くに過ぎない。學生は徒らに應力の算出にのみ興味を感じ、これをもつて足れりまなすの有様である。更に要路に立つ橋梁技術者の態度を見るに彼等が一橋梁計畫に拂ひつゝある努力は設計の完成と工事請負者の決定を以て最後とし、あまは現場の仕事なる一言

を以て少数の工事監督者ミ工事施工者ミにこれを任せきつて仕舞ふ有様である。

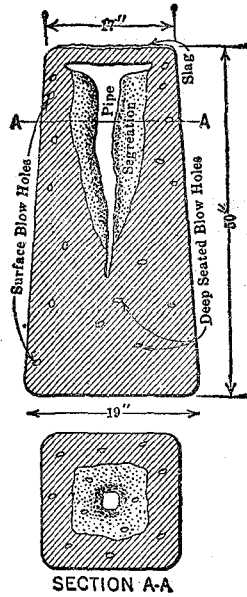
斯くの如き傾向では机上の橋梁技術はミもかくも、活きた橋梁技術の發達を望むことは全々難しいものミ考へねばならぬ。これが私をして橋梁技術にたづさわる理解ある技術者諸賢に、彼等の所謂現場の仕事たる鋼橋の工作法、並に架設法に對して一層の御研究を希望して止まない理由である、

勿論私は鋼橋の工作を専門の仕事ミしてをるものではない。只曾つて幾つかの橋梁工事に直接或は間接の關係を有してをつたこがあるのミ、一九二五年の前後一年有餘の外遊中この方面につき多少の見聞を廣めたものがある云ふに過ぎないのである。従つて以下叙述し様ミする點に幾多の誤謬がないミも限らぬ、この點は寛大な御了解ミ御叱正ミを希望する次第である。

第一章 工材と其の試験方法

研究

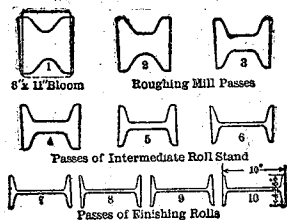
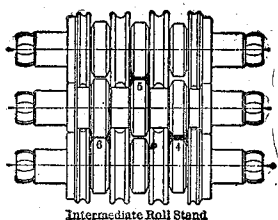
一 壓延鋼 (Rolled Steel) 鋼橋の主要工材たる Rolled Steel は第一圖に示すが如き形狀の Steel Ingot を reheat し、順次形を變化する十數箇の Roll を通過せしめて初めて所要の形狀に壓延せらるゝもので、第二圖は 10 吋 I 型鋼



第一圖 Ingot の欠陥

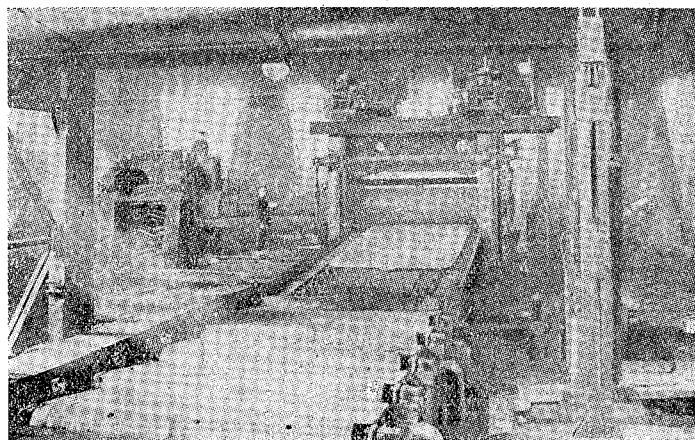
の Roll 順ミこれに用ふる Roll の一つを示し、第三圖は八幡製鐵所に於ける鍛鋼壓延の狀況を示したものである。

Ingot には第一圖の如く Pipe, Segregation, Blow Holes 等の缺點が多少なりとも有するを常ニス。Pipe は Ingot Hold 内に注ぎ込まれたる熔鋼が側面より順次中央にむかつて凝固を進むが爲に、凝固に伴ふ收縮の結果ミして、最



第二圖 十吋鋼型の順-ラーロと-ラーロ

後に凝固する中央部分に生ずる空隙である。 Segregation (分凝) は 熔鋼中の比重軽い Impurities が表面にて凝固する爲めに生じ、 Blow holes は熔鋼内に Trapped されたる瓦斯體又は收縮度の異なる不純物が内部にて凝固したる際に生ずるものである。 Pipe の表面は通例 Slag によつて蓋はれてをる。 是等の缺點は Rolled Steel へ各種の悪影響を及ぼす原因となる。

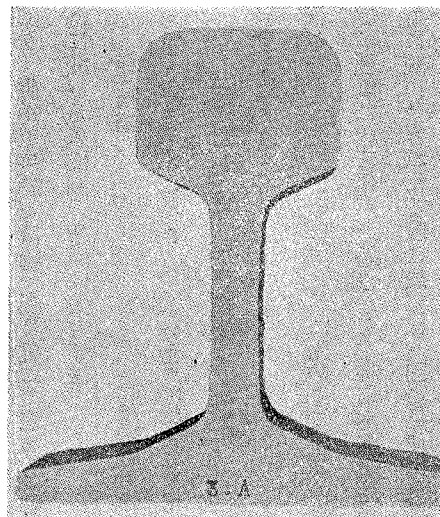


第三圖 鋼板の延壓

もので、Rolling に當つて其の程度により或長さだけ Head 頭部の不良部分を切り去るを常とする。 切り取りの不充分なる場合 Segregation の影響が肉眼で判別し難い程度であつて、etching によつてこれを明かに知るこゝが出来ぬ。第四圖は軌條

の断面を示したもので下は Ingot の頭部より壓延されたものは底部より壓延されたもので下の方が多量の Impurities を含めることが認められるのである。

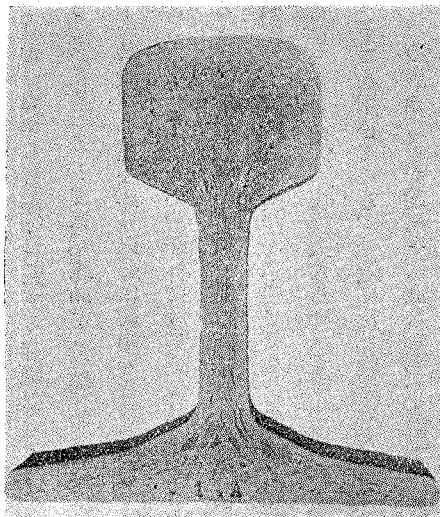
二 壓延鋼の形状寸法 鋼橋用の壓延鋼の最小厚は鋳の間



Bottom of ingot

題から定められたもので鐵道省規定案では 0.6 耗になつてをる。道路橋に對しては内務省の規定案は之を指定してをらるるも、從來 1/16 吋 (0.6 耗) 溝型鋼等の腹部に於て 1/4 吋 (0.6 耗) されてをる。又最大厚は工作上の理由から普通には 1/2 吋

(0.6 耗) を限度とし 1 吋 (0.6 耗) まで用ふる例もある。勿論特殊の構造に對してはこの限りでない。又型鋼の Range の幅山型鋼の Top の長さの最小限度はこれに用ふる鋳徑によつて自然に定まつて來る。鋳徑 1 吋をすれば少なくとも 1 吋を必



Top of ingot

第四圖 軌條の腐蝕(Etching)試験

要にする。八幡製鐵所製各品中鋼橋用壓延鋼材の最大寸法は

- 一 陸橋 24" x 7 1/2" x 99 #9 15 1/4" x 4 1/4" x 41 #9 8 1/2" x 8 1/2" x 4
 - 二 海陸橋
 - 三 山型鋼
- これらを American Standard Section に比較するものは同

様なれども、各型に於ける種類が後者に於てはI型、溝型が重量の封度おき、山形鋼が厚さ1.16吋おきなるに對し、前者は極めて少なく、設計上不便を感じることも多きを遺憾とする。生産量の少き本邦に於ては止むを得ざる事情なりしならんか。尙ほ工業品規格統一調査會にて定められたる標準規格に於ける米突制の断面は最大寸法

I型鋼

II型鋼

600# X 190# X 176.2#

380# X 100# X 67.3#

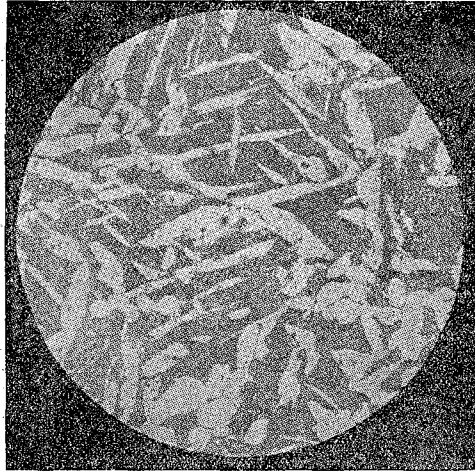
山形鋼

200# X 200# X 52#

つこれを Deutsche Normalprofile に比較するに其の最大寸法並びに種類に於て殆んど遜色なし、將來本邦製品がこの標準型に統一せられたる曉に於ては、國産品使用上に於て今日より遙かに大なる便利を感じるに至らん。而して現今に於ける八幡製鐵所製品の模様を見るに等邊山形鋼、平鋼、棒鋼類はすべてに標準規格により壓延せられ、其他のものも磨損せる Roll の取り換へをなす毎に米突制に改めつゝあ

り。従つて一、二年にして製品の統一を見るであらう。
 三 壓延鋼以外の工材 壓延鋼以外に鋼橋用材として用ひらるゝもの、主なるものは Forging の Casting によつて作らるゝものである。Rivets, Bolts, Loop Bar, Eye Bar 等は前者に屬するも是等に關する詳細は Forging の項に讓る Casting としては鑄鐵品と鑄鋼品とを挙げ前者は欄干、排水管等主要部分以外に使用せられ、鋼橋の主體に用ひらるゝことはない。今日に於て鑄鋼品の主として用ひらるゝところは鋼橋の支承である。鑄鋼は鑄鐵に比して作業困難にして特殊の技能を必要とする。小規模の作業にては Crucible を用ひ、規模大なる時 Open Hearth 又は小 Converter を用ひてをる、鑄鐵に比し收縮の大なるものは Fluidity の少きものが鑄鋼を困難ならしむる點で、收縮は鑄鐵の約二倍即ち一時につき 0.2003 吋に達するが故に Molten 又は Core の製作に特別な注意を必要とする。又 Fluidity を充分ならしむる爲には熔融點 1300~1400 度に對し 1500 度以上に熱して鑄造を行ひ、Steel を Mold 中に充分

行き渡らしむる爲めに Riser gate, Sprue 等を充分大ならしめる、従つて是等の附屬部分に必要な鋼材の量は鑄鐵の場合に比して遙かに多量で、熔融せる鋼材の四割に近き

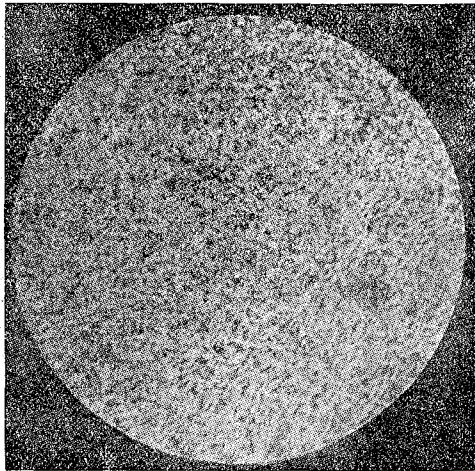


第五圖 過度の温度にて焼鈍せる爲めに生じたる Course grain (1100°C)

量を用ふるこ
 しが多
 い。鑄
 鋼につ
 きて更
 に重要
 なる點
 は焼鈍
 (Annealing)

である。Mold に注がれたる熔鋼は凝固の後適當なる時間をきかて Mold より取り出し、Annealing Furnace へ 658°C の温度にて適當なる時繼續加熱する、加熱温度は鋼材

の化學性質により異り、炭素含有量の少きものほゞ高温度なるを要す。加熱時間は材料の形状大小により異なり材料の全體が充分 Fine Texture を有するに至るまでの時間を



第六圖 第五圖の材料を適當に焼鈍して得たる Fine grain (800°C)

必要に
 し數時
 間より
 數日に
 互るも
 のであ
 る。加
 熱後の
 冷却は
 又急激
 なるこ

を避ける、急激なる冷却は其の硬度を増すことあらんも其 Ductility を害すること極めて大である。爐中又は葉灰、粘土、Lime 等にて包みての冷却は充分緩なるを得べく大

なる物にては Quiet Air 中にて冷却して充分目的を達しうべし。第五圖は過度の溫度にて焼鈍せる爲めの Coarse grain を示し第六圖は同一材を適當に焼鈍して得たる Fine grain を示す、適當なる焼鈍によつて初めて鑄鋼の内部收縮應力を減じ、之に充分なる Toughness を與ふるこゝが出来る。

四 鋼材の示様と其の試験方法 従來鋼橋の鋼材示様書として多く用ひられてきたものは大體米國に於けるものに範をこつたものが多いが、今日工業品規格統一調査會にて定めた規格が出来た以上これに則るが至當を考へられる、鐵道省規定改正案に於ても第二條にこれを明記してをる。日本標準規格第二〇號構造用壓延鋼材に關するものがこれである。

この規格に於ては構造用壓延鋼材の化學性分としては只燐と硫黄との含有量を指定してをるに過ぎない。即ち兩者とも 0.005% 以下たるべきことになつてをり、又普通に行はれてをる様に鋳材と構材との區分もつけてをらぬ、併し

我々が關係する範圍内に於て鋼材の化學性分を問題としなければならなくなることは稀であつて、主に鋼材の合格不合格の決定を支配するに至るものは次に述べる鋼材の外観上の缺點、物理的性質である。

(イ) 壓延鋼材の重量並に寸法の公差 壓延鋼材の公稱寸法と製鋼所の製品の寸法とは 10% の磨減其他の原因から必ずしも一致しない、又この公稱寸法から一立方寸の重量 2.5 斤を定めて算出した公稱重量と製品重量との間にも或程度の差異が免れない、この差異の許容範圍を決定しておく必要がある。これが公差を稱せらるゝもので日本標準規格其の第二十四號に於てこれが公定せられてをる。壓延鋼の各種類別に幅厚長及重量について公差が與へられてをる、重量につきての大體を示すならば鋼板類にて公差 $H\% \sim H+2\%$ 、其他の壓延鋼材にて公差 $H\% \sim H+6\%$ を定められてをる。本規格以上の差異を有する壓延鋼材は不合格品と見做さねばならない。

(口) 壓延鋼材の表面瑕疵 鋼橋工作用の壓延鋼材は工作着手に先ち一應の表面検査を行はねばならぬ。この工作前の表面検査によつて表面瑕疵を充分に發見することは先づ困難であつて工作の進行につれてこの瑕疵が明瞭となつて來る場合が多い。従つて工作監督中に常に表面瑕疵につきて注意を拂はねばならぬ。最も普通に發見せらるゝ瑕疵に次の様なものがある。

Pipes 既述の如く *Ingot* の頭部の切り取りの不足の爲めに *Pipe* の一部分が壓延鋼の中に含まれた結果生ずる缺陷であつて *Sheared* 又は *Sawed Edge* に小裂目として認められることが多い。この瑕疵は一面に於て多量の *Impurities* を含んでゐることを裏書するもので、たゞへ不純物が肉眼で識別出來ない程度であつても第四圖の如くにしてこれを證することが容易である。斯くの如くなるが故に *Pipes* の存在が認められた壓延鋼材はそれが鋼橋の主要部材例へば *Connection Plate*, *Main Member* 或は其の一部分たる *Cover Plate*

Web Plate, *Flange Angle* 等なる場合は工作進行程度の如何にか、わらず材料の取換へを必要とするものである。又夫れが *Secondary Member* に屬する材料なる場合は工作の進行程度によつては他に缺點なくば採用するも大過なからん。

Seams *Surface Blow holes* 其他の瑕疵が壓延されたる結果、鋼材の表面に縫目の如き細線となりて表はるゝもので、材料が更に加熱加工せらるゝ場合でなくば、外觀上のほか強度上に大なる憂慮はない。

Scabs *Ingot Mold* 中へ熔解せる鋼を注ぎ入る際 *Mold* の表面へ凝着せる *Slush* が壓延の結果痲狀をなして壓延鋼材の表面に現はるゝもので、*seams* 同様強度上には大なる害を與へない。

Lamination 壓延鋼が其の表面に近く薄き層をなす場合がある、不合格たるを免れぬ。

Mill Cambe 壓延鋼が *Roll* の際につくる彎曲で後述する方法で整正しうる程度以上のものなる時取換

を必要とする。殊に Universal Mill Plate の幅の方向の Camber 甚しきものは整正し難き場合が多い。

Cracks 材料の運搬、加工其他の取扱中にうくる壁

衝の爲めに生ずるこも多く、不合格品たるを免れぬ。

(ハ) 抗張試験試験法

標準規格の定むる試験片の形状寸

法は第七圖乃至第九圖の如し、



第一号試験片
標点距離 L = 200 mm
平行部ノ長 P = 約 220 mm

試験片ノ厚 mm	試 W mm
23 7 底ノメノ	40 以下
9-23	50 以下
9 米計	60 以下

第八 試験片の切り取りは鋼板にては七 壓延の方向又はこれに直角の方向に形鋼棒鋼平鋼にては長さの方向に行ひなるべく黒皮を残す様にす。棒鋼試験片は機械仕

上げて差し支へなく直径を耗以上のもにては第十圖に示す位置から之を作成し其半径を耗以上にする。

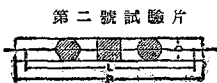
抗張強度の測定 上記の試験材を抗張試験機へ適當の附

屬品を用ひて取り付け抗張力強度を測定する。第十一

圖は試験機の一例で S が試験片である、動力により Z を回轉せしめ J の下降につれて S を伸張して破壊に至

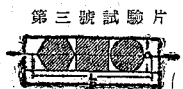
らしめる。破壊に要したる最大荷重は $\frac{P}{F} \times 10^{-2}$ シ

第八圖



標点距離 L ハ徑 (又ハ對邊距離) D ノ 8 倍、兩端ヲ大クスルモノニ在リテハ平行部ノ長 P ハ D ノ 約 9 倍

第九圖



「標端ハ」試驗片ノ長 P ノ 8 倍ヲ超スルモノニ在リテハ「試驗距離」ハ徑 (又ハ對邊距離) D ノ 25 mm 以上ニ在リテハ「試驗距離」ハ徑 (又ハ對邊距離) D ノ 約 4.5 倍

の位置によつてこれを測定することが出来る。

P₁ = 破壊時ノ最大荷重 (kg)

F = 試験片ノ斷面積 (平方 cm)

こせば

試驗片ノ破壞強度 $\sigma = \frac{P_1}{F}$



第十圖

十 伸長度の測定 試験片の長さ L が破

壞の結果第十二圖に示す L₁ と L₂ となりたるものとする。L₁ は兩破片を

密着せしめて測定する。



伸張度 $\frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$

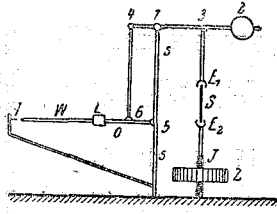
許容強度と許容伸長度 上記の方法にて測定せる結果

は次の標準規格に適合しなければならぬ。

材 種	抗張力		試験片	伸 張 度
	平方	寸		
鉄鋼、形鋼、平鋼 棒 鋼	39~47	第一號	厚 ≥ 9 厚 ≤ 9	21以上 17以上
	39~47	第二號		21以上
		第三號		25以上
鉄 鋼	34~41	第二號		27以上
		第一號		34以上
		第三號		

(二) 屈曲試験

壓延鋼材は次にのべる屈曲試験に合格



しなければならぬ。径 ≥ 3 耗以

下の棒鋼、幅 ≥ 30 耗末満の平鋼

第は現寸のまゝ、これ等の寸法

十以上のものは径又は幅 ≥ 35 耗

一以上の材片をなし、長さ150-

図 ≥ 30 耗を抗張試験片と同様の

方向より切り取り、搥打又は

壓力を加へて屈曲試験を行ふ。屈曲試験は常温、及び

焼入れの両試験を行ひ、共に厚さ又は径の $\frac{1}{10}$ 倍以下

の内側半径にて 180° 度屈曲せしめ外側に裂疵を生ぜざる

ことを標準とする。又鉄鋼に於ては密着するまで屈

曲せしめる。焼入れ屈曲試験の試験片はこれを濃紅色

($375 \pm 50^\circ$)に加熱し更に 280° の水中にて急冷して後

試験を行ふものである。

(ホ) 鉄試験

上記の如き試験は既成の鉄についてはこれを

を行ひ難き故に既成鉄については左の試験を行ふ。

屈曲試験 常温のまゝ、 180° 度屈曲せしめ第十三圖甲の

如くならしめ外側に裂疵を生ぜざるを要す。

打展試験 鉄頭を赤熱し第十三圖乙の如く扁平ならし

め其径の脚部の径の $\frac{1}{10}$ 倍に達して尙ほ其の縁に裂

疵を生ぜざるを要す。

(ハ) 試験片の數及不合格の決定

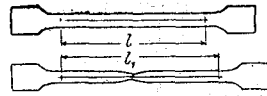
試験片の箇數は抗張常

温屈曲、焼入れ屈曲試験ともに大體として鋼板形鋼平鋼

棒鋼にては各壓延鋼毎に鉄鋼の異なる毎に一箇づ、數

量多數の時は重量 ≥ 5 及端數毎に一箇を取る又は厚さ

又は徑に或程度以上の差ある時幾分の増加をなす（標準規格第二十號參照）銑材については銑鋼毎に又は一



〇 珪及其の端數毎に一箇を取り（二）

第の銑試験に對しては14珪及其の端數十毎に一箇を取る。

二 試験の結果が不合格なりし場合は、

圖 其の試験片が代表する材料より更に二箇の試験片を作成し、試験を繰り返し

兩試験片とも合格したる時のみ、是等の代表する鋼材を合格品と見做す。

第二章 鋼材と其保存法

五、鋼材の新規註文と工場在庫品 充分なる期日有する工
事の仕事では所要鋼材の全部を製鋼所へ出來得る限り *exact length* して新規註文をする場合多きも、製作工場により
ては速急の工事に應ずるため、鋼材價格變動に對する見越
し其他の原因から最も普通に用ひらるる形状寸法の鋼材を

Stock Material（在庫材料）として所有する場合がある。

Stock Materialを使用する工作では、新規註文の場合の如く材料の長さが目的の工作物の所要長に對し *Exact length* なることなきが故に Waste の percentage の増加を免れず



乙

第るこ又應急工事なる事多き等のために概



甲

十して工作費は高價である。但し價格の變
三 動、或は工作所の特殊の理由の爲めにむ
圖 しろ安價なりし例もないではない。

六 鋼材の保存 Stock Material なるこ

新規註文の鋼材なるを問はず、工場に保存せらるる、場合
充分防錆につきて考慮せねばならぬ。Stock yard の全部を
Cover して雨露を防ぐこは最も安全なる方法なれ共この
Covering に要する費用莫大なるが故に多くの工場では全
部 Open なるか或は一部分 Cover せるに過ぎない。

雨露に曝らされたる場合の Unpainted Material の安全
期間は工場的位置（海岸なるか河沿ひなるか等）及其の土地
の溫度、濕度、雨量等によりて大差がある。河沿ひの鹽風

を受けざる工場にては先づ二三ヶ月間は害をうけず、五六ヶ月にして黒皮の剥落を見、七八ヶ月にして腐蝕を開始するものも考へて大過なからう。従つて半年以上の Stock は避けねばならぬ。満潮の際浸水するが如き低地に Stock によりて防錆の途を講じてをる例もある。(つゞく)

Yard を有するが如き工場にてはこの期間が更らに短縮せ