

## 橋梁材としてのデューコール鋼

谷 山 巖

## DUCOL STEEL FOR BRIDGE-BUILDING MATERIAL I. Taniyama.

The Ducol steel was used as the material in cases of the construction of the Eitai bashi and the Kiyosu bashi. The author is not aware if the material has been previously used for a bridge.

The material investigated by the author has the C content of 0.24-0.30 % and Mn of 1.4-1.6 % giving. The tensile strength 63-71 kg/mm<sup>2</sup>, elongation 20-23 % in 200 mm gauge and elastic limit 42 kg/mm<sup>2</sup>.

The Ducol steel seems to be preferable as the bridge building material both in quality and in the cost compared with others such as Ni steel, Si steel and C steel.

## 目 次

I 緒 論	IV 製 品 成 績	VII 各種橋梁鋼材の比較
II 作 業 概 説	V 各 國 橋 梁 材 規 格	VIII 鋼質に及ぼす滿俺の影響
III 豫 備 試 験	VI 眼 鋸 構 成 橋 梁 の 實 例	IX 結 論

## I 緒 論

從來橋梁材は主として炭素鋼を用ひ特別なる場合には硅素鋼又はニッケル鋼を用ひるものであるが、我復興局にては永代橋及び清洲橋を製作するに當り、從來の慣例を破りて其主要材料としてデューコール鋼を採用することに決定され其製作方を我川崎造船所に下命されたのである。

此鋼材は 1922 年頃造艦材料として發明され其後も専ら造艦材料として研究されて來たのであるが、最近漸く軌條鋼他にも採用されるに至つたのである。然し橋梁材として使用されたのは實に我永代橋が世界に於ける矯矢である。それ故に其製作をなせし我工場は斯界に對し世界的先鞭をつけたわけである。此鋼材が橋梁材として果して優秀なるか否かは幾年かの後には吾人の眼前に生きたる證明が展開されるわけであるが、今此處に其製作並に製品成績を報ずるのも強ち無益なことではなからう。

次に此鋼材の性質に就きては幾多の雜誌 (1)(2)(3)に發表されてゐるのであるが著者は本論文を書き起す都合上其概略を述べんと思ふのである。今英國海軍の規格を示せば次の如きものである。

1. 化學成分、	炭 素	硅 素	滿 俺	燐	硫 黃
	0.24~0.30%	0.06~0.10%	約 1.5%	微 量	微 量

2. 物理的性質、最大抗張力…每平方時に付 38~43噸、延伸率(標點距離 8 吋) 厚さ 1/2 吋以下の鋼板又は條鋼…18%、厚さ 1/2 吋以上の鋼板又は條鋼…20%、比例限界…每平方時に付 20噸、屈曲性…幅 3 吋のものを冷却の儘試験材の厚さの半分に等しき直径にして 180 度屈曲せしむるも何等割れ目を生ぜざるべきこと。

又デューコール鋼なる名稱も既に衆知の如くアームコ (Armco) と同じく其製造會社名の頭字をとりしものである。然しアームコは American Rolling Mill Co の略であるがデューコールは尙ほ強靱なりといふ意味をも加味してゐるのである。即ち英國の David Colville & Son Ltd にて製造せる Ductile Steel といふ意味である。少し餘談と思ひしも發明者に對する禮として書き加へることとした。

## II 作業概説

此鋼材は 25 吨鹽基性平爐にて屑鐵 80% と銑鐵 20% よりなる 23 吨の裝入材料に滿俺鐵石 600~800kg を加へて製造した。其裝入材料の平均成分は時によりて多少異なるが大體 1.5% C; 0.5% Si; 1.2% Mn; 0.05% P 及び 0.05% S である。そして其熔解當初の平均成分は普通 0.7~0.8% C; 0.03% Si; 0.3~0.5% Mn; 0.04% P 及び 0.04% S であるが、これも爐の狀況によりて多少異なることは勿論であるから其場合には銑鐵、鐵礦石及び滿俺銑を加へて精鍊を進めたのである。かくて鎔鋼がほぼ鎮靜し豫定の炭素となりし時には差物として爐内に滿俺銑 150~200kg を加へて出鋼し、更に取鍋内に細粒の滿俺銑 350~400kg、硅素銑 70~80kg、及びアルミニウム 4kg 以下を加へるのである。

デューコール鋼の製造といふても格別述べる程のこともなく普通の操業と少しも變らないのである。只鋼滓を充分注意して造らねば滿俺の歩留りが悪いのである。然し苟くも製鋼作業上鋼滓が重大なる責務を有することは今更述べるまでもないことであるからデューコール鋼製造の場合にも良好なる鋼滓さへ作れば何の造作もないことである。又鹽基性平爐に於て滿俺が重要なことも已に多くの人々によりて論ぜられてゐるのであるが、殊にデューコール鋼を製造するには精鍊は勿論差物量に大なる影響を及ぼすのである。即ち鎔鋼中に滿俺が相當あることの利益は鎮靜作用を助ける故に差物としての滿俺の歩留りがよいのである。又脱硫作用をなし且つ鋼滓の流動性をよくするのである。然し餘り多く存在する時は製鋼作業に少からぬ故障を起す。即ち滿俺多き時は酸化作用鈍き爲め製鋼時間甚しく長くかかるのである。従つて爐を高熱に長く保たねばならぬ故に爐を無理することとなる。大體鹽基性平爐は熔解後 3 時間位にて出鋼するが適當であつて夫れ以上の時間を置くことは不利益である。それ故に若し鐵石を加へて酸化を迅速ならしむるとしても少々の量にては反應鈍く普通の場合よりずつと多く用ひねばならぬ。然る時は鋼滓は亂れ精鍊作用は調整を失ひ且つ爐は流される恐れがあるのである。此外滿俺多き時は鋼滓はねばりて作業しにくい。そして此場合は螢石を加へても石灰のみにての粘質ある時よりさばけ難いのである。又試料は滿俺銑の如き斷面をなす故に炭素の檢定が困

難である。これらの理由によりて滿俺が餘り多量存在するものは實際作業には不適當である。然らば幾何の滿俺量が適當であるかといふに大體デューコール鋼のみならず一般の良鋼を製造するには熔解當初に於ける鎔鋼中の滿俺が0.3~0.5%ある時が最も良好である。此適當なる範圍を決定する爲めに種々の量の滿俺を加入して脱酸脱硫及び鋼滓との關係其他の事項を實驗せしが、其詳細は機會あらば述べることにし此處には最も普通なる場合の操業實例のみを示すことにする。

第1表 操業實例

間時 時分	摘 要	鎔 鋼					鋼 滓										備 考	
		C	Si	Mn	P	S	SiO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S			
2:00	装入初	1.54	0.50	1.26	0.072	0.045	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	装入材料
4:30	熔解時	0.75	0.03	0.47	0.036	0.040	21.30	9.65	4.63	10.86	46.10	3.40	2.04	2.57	1.80	—	—	鑽石 300 kg 加入
15:00		0.46	—	0.40	0.033	0.040	18.86	10.60	4.55	9.56	47.72	—	—	—	—	—	—	" 300 "
5:30		0.34	—	0.37	0.030	0.038	17.62	11.52	4.47	9.90	47.78	—	—	—	—	—	—	" 200 "
6:00		0.24	—	0.32	0.024	0.035	18.92	10.38	4.47	9.35	47.58	—	—	—	—	—	—	
6:30		0.15	—	0.37	0.017	0.034	18.60	9.55	4.55	9.15	47.39	4.30	1.49	3.69	1.75	—	—	
6:35	差物加入																	滿俺鉄 180kg 加入
7:00		0.20	—	0.75	0.019	0.027	17.60	10.24	4.07	10.55	47.11	2.83	1.30	3.67	2.58	—	—	
7:30	出 鋼																	滿俺鉄 360 kg 加入 硅素鉄 76 kg 加入
7:35	取鋼試料	0.28	0.11	1.52	0.026	0.025	18.60	4.90	6.78	9.79	50.50	4.85	1.20	2.73	1.90	—	—	アルミニ ウム 4 kg 加入

かくて精製せし鎔鋼を厚板用鋼塊鑄型 (B 2, 3, 4, 5, 6) に鑄造するのであるが其鑄造法は下注ぎが主で上注ぎとすることは稀である。又 B 5 及 6 型は 1 本 1 本注入管を獨立して用ひ其他は 2 本に 1 本の注入管を用ひたのである。凡そ鋼板用鋼塊は表面が奇麗なることが第一である。處が滿俺多きものは流動性悪き爲め速に鎔鋼の表面に皮を張り其儘放置して鑄造すれば外皮に波の如き形をなして跡を残すのである。それ故に鑄造中絶えず鐵棒を以て生ずる皮を穿き破りて熔融せしめ最後に大型には上部に水をかけ小型には押湯をつけて押すのである。そして鑄造後約 10 分の後冷却凝固せる頃を見計ひて鑄型を抜き鐵板製の内部を耐火煉瓦にて裏付せるカバーを以て 1 個 1 個覆ひ其冷却を均等ならしめた。而して約 15~20 時間の後其カバーを取り其製品を製鉄工場にて所要の寸法に延ばせし後瓦斯切斷して眼鉸其他の材料を製作したのである。瓦斯切斷すれば其部分は多少硬化さるゝ恐れある故に焼鈍して調整したのである。其適當なる熱處理溫度は H. S. Rawdon 氏(4)の研究によれば 0.8~1.5 %Mn 及び 0.20~0.29% C のものは 860°C であるから著者は 860°C 内外の溫度にて焼鈍したのである。(第 7~12 圖参照)

次に鑄造作業の有様、鋼塊の重量及び製品の種類等を略述して見やう。

A. 鑄造作業	出鋼温度	鑄造温度	鑄造時間	ノツヅルノの大きさ	
	1,640~1,650°C	1,540~1,510°C	30分	7/8 吋	
B. 鋼塊の重量	B 2 型鋼塊	B 3 型鋼塊	B 4 型鋼塊	B 5 型鋼塊	B 6 型鋼塊
	2,850~3,000kg	3,850~4,000	4,900~5,500	5,000~5,200	6,500~7,000

備考 B2~4 型は押湯付、B5 及 6 型は押湯なきものである。

C 製品の大きさ、(近似数)

第 2 表 永代橋用主要鋼材

種類	鉋孔中心距離	断面	全長	鉋孔の大きさ	鋼塊の大きさ
眼 鉋	15'~0"	2' x 15"	20'~0"	10"	B 6
"	20'~0"	2' x 20"	25'~0"	18"	"
丸 棒		10" 徑			角形 4 觔
"		12" 角			"

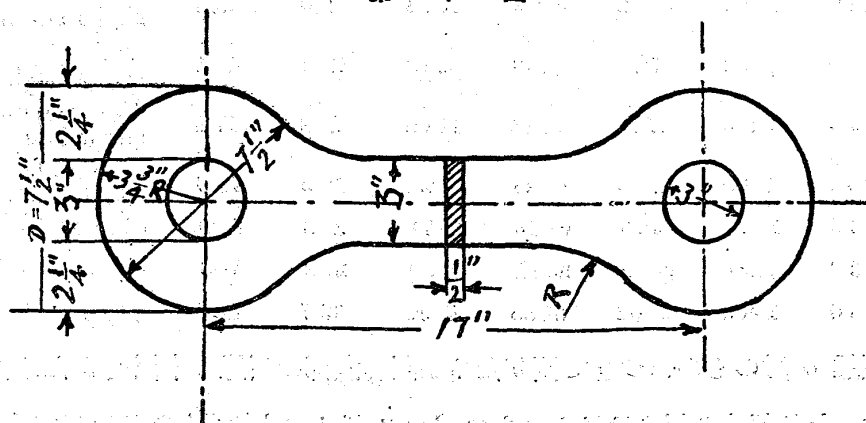
第 3 表 濠洲橋用主要鋼材

種類	鉋孔中心距離	断面	全長	重量	鋼塊の大きさ	種類	鉋孔中心距離	断面	全長	重量	鋼塊の大きさ
眼 鉋	5'~0"	2 1/4" x 15"	7'~0"	1,000kg	B3,4,5	鉋 鈹		3/4" x 53"	4'~4kg	400kg	B2, 3, 4
"	15'~0"	2 1/4" x 20"	18'~6"	3,500"	"	"		1" x 38"	"	280"	"
鎖 鉋	15'~6"	1 1/4" x 36"	20'~0"	3,000"	"	添 鈹		1" x 36"	7'~8"	780"	B3, 4, 5
"	16'~6"	1 1/4" x 36"	21'~0"	3,000"	"	填 材		3/8" x 36"	2'~8"	230	"
"	17'~0"	1" x 38"	21'~6"	2,500"	"	鏈		12" x 徑			17 觔
"	14'~6"	1" x 38"	19'~0"	2,300"	"	丸 棒		12" x 徑			"
鉋 鈹		3/4" x 36"	4'~4"	300"	B2,3,4						

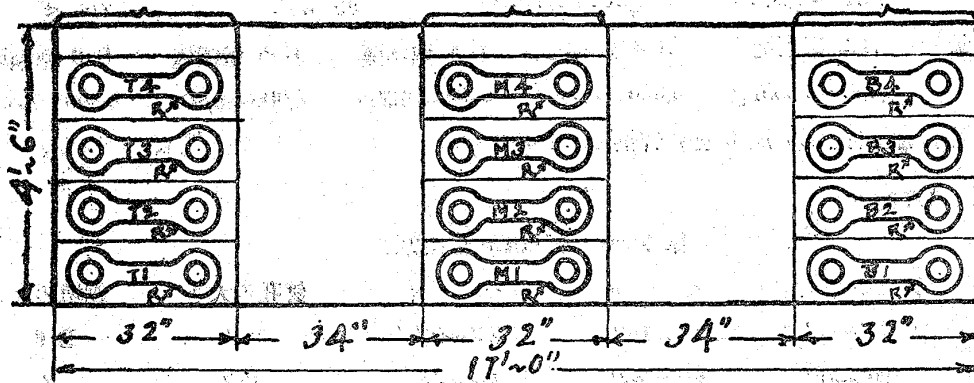
III 豫備試験及び仕様書

復興局はデューコール鋼が橋梁材として適するや否やを研究する爲めに先づ豫備試験を命ぜられたのである。其際に行ひし試験成績を述べて見やう。此試験は鋼塊より 3/4" x 4'~6" x 17" の大きさの厚鈹に延ばし第 1 圖の如き橋梁用眼鉋 (Eye bar) の形状の試験片を第 2 圖の如く剪斷採取して造りたるものである。

第 1 圖



第 2 圖



$T_1, M_1, B_1, T_4$  の  $R=1''$   $T_2, M_2, B_2, M_4$  の  $R=3/4''$   $T_3, M_3, B_3, B_4$  の  $R=5/8''$

其化學成分は次の如きものにて其試料は厚板に延ばせしものより採りしものである。そして上部とは鋼塊の頂部に當れる部分の板の一端・中部とは板の中央部即ち鋼塊の中部に當れるもの又下部とは板の他の一端にして鋼塊の底部に當れる部分である。

第 4 表 化 學 成 分

	C	Si	Mn	P	S	Cu
上 部	0.24	0.155	1.458	0.034	0.020	0.16
中 部	0.23	0.141	1.435	0.032	0.018	0.16
下 部	0.23	0.161	1.458	0.030	0.022	0.16

又物理的試験は第 5 表の如きものであつて其試験機は張力試験には Richle 式 100 噸 (20,000 lbs) 材料試験を用ひ且つ特に作りたる把握装置を使用した。又其試験に 1 分間 0.1" の Pulling speed を以て最初より破断するまで變化することなく繼續した。降服點は Weighing Lever の落下せる時を觀測したのである。

第 5 表 物 理 的 試 験

符 號	試験片の大きさ		降 下 點 T/σ"	最大強度		延 伸 率 % 8"	斷 面 收 縮 率 %	破 断 面
	T × W	斷面積 σ"		噸	T/σ"			
T <sub>1</sub>	495 × 3.0	1.485	27.82	64.22	43.24	22.6	46.9	cone and cup slight lamination angle
T <sub>2</sub>	496 × 3.0	1.488	27.12	63.99	43.00	19.5	41.2	slight lamination
T <sub>3</sub>	495 × 3.0	1.485	30.66	63.91	43.03	19.0	39.4	cone and cup slight lamination angle
M <sub>1</sub>	494 × 3.0	1.482	27.24	62.40	42.10	24.0	46.4	slight lamination
M <sub>2</sub>	495 × 3.0	1.485	27.76	61.86	41.65	21.2	47.4	1/3 cone and cup 2/3 angle slight lamination
M <sub>3</sub>	500 × 3.0	1.500	27.58	62.28	41.52	19.5	48.6	cone and cup slight lamination
B <sub>1</sub>	492 × 3.0	1.476	25.23	60.18	40.71	22.8	49.9	cone and cup
B <sub>2</sub>	497 × 3.0	1.491	25.40	60.84	40.80	21.2	51.3	2/3 cone and cup 1/3 angle
B <sub>3</sub>	500 × 3.0	1.500	26.02	61.35	40.90	19.7	46.9	angle

延伸率は標點距離 8 吋のものにつきて測りたるが眼鉗頭部の圓縁の半徑異なるため應張部 (Tension Part) にて幅の均一なる部分の長さは最大のもの 8 1/8" 最小のもの 5" なるを以て全體を通じて標點

距離 8" にて測定せる%を比較するは不合理と考へらるゝ故に 6" 及 4" の2種につきて測定したのである。其成績は第6表の如きものである。

第 6 表

符 號	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
延伸率% (標點距離 6 吋)	23.8	24.3	23.5	27.5	26.0	24.7	26.7	26.0	24.8
延伸率% (標點距離 4 吋)	32.8	31.0	30.5	33.5	33.5	31.8	33.0	33.0	32.0
圓縁の半徑 吋	1	3/4	5/8	1	3/4	5/8	1	3/4	5/8

復興局は以上の試験及び第23~25表に示す鐵道大臣官房研究所にてなしたる試験成績によりデューコール鋼が橋梁材として適切なることを確められたるにより次の如き仕様書を作成されたのである。

A. 化學成分 炭素...0.2~0.30% 硅素...0.1~0.2% 滿俺...1.4~1.6% 燐...0.035% 以下硫黃...0.03%以下 銅...0.16%以下

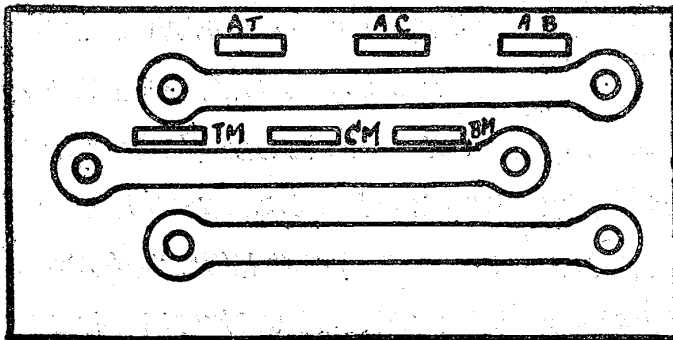
B. 物理的性質 極強...40 T/□" 以上 降服點...25 T/□" 以上 比例限界...22 T/□" 以上 許容應力強度...24,000 lb/in<sup>2</sup>、伸張率(標點距離 8 吋)...18%以上

C. 其他 其他の事項は大正 14 年 7 月 13 日川崎造船所兵庫工場にて施行した 17"×3" 試験片を以て標準とすること。

IV. 製品成績

製品に對する試験は先づ第3圖の如き方法にて試験片を採るものである。即ち鋼塊の上部中部及び下部に相當する3ヶ所より AT, TM, AC, CM, AB 及び BM の都合 6 箇の試験片を採り更に各試

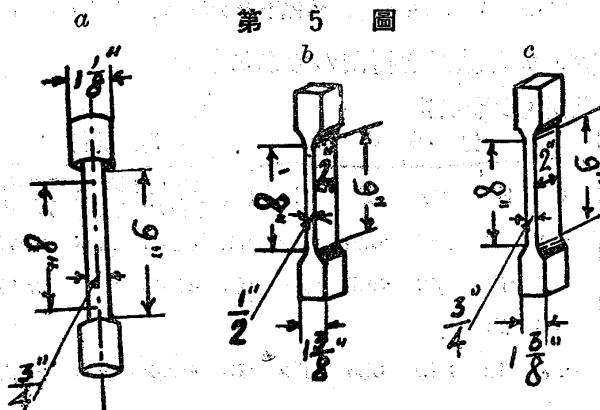
第 3 圖



第 4 圖

a	3/4" φ
b	2" × 1/2"
c	2" × 3/4"

第 5 圖



第7表 化學成分

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.27	0.19	1.57	0.023	0.028	0.16



第 12 表 満俺量を基礎とする分類

化 學 成 分							物理的性質			化 學 成 分							物理的性質		
C	Mn	Si	P	S	Cu	抗張力 T/□"	延伸 率%	彈性限 T/□"	C	Mn	Si	P	S	Cu	抗張力 T/□"	延伸 率%	彈性限 T/□"		
24	1.44	.13	.023	.022	.13	40.04	22.5	27.14	"	1.48	.12	.025	.021	.14	42.81	21.3	27.53		
25	1.51	.17	.026	.025	.15	41.23	22.5	27.19	"	1.60	.15	.024	.021	.14	42.96	21.4	28.00		
26	1.40	.10	.022	.021	.13	40.91	22.6	26.90	平均	1.49	.12	.022	.019	.14	42.99	21.4	27.55		
"	1.50	.12	.028	.024	.13	41.43	23.0	26.86	29	1.40	.10	.023	.018	.14	44.22	21.0	28.02		
"	1.60	.13	.033	.026	.13	42.57	21.5	27.39	"	1.48	.10	.022	.021	.12	43.74	20.5	27.67		
平均	1.51	.11	.027	.023	.13	41.63	22.3	27.03	"	1.59	.10	.027	.027	.12	45.21	20.4	27.59		
27	1.40	.12	.027	.022	.14	41.85	23.0	26.60	平均	1.48	.10	.024	.022	.12	44.39	20.3	27.76		
"	1.49	.10	.025	.023	.13	42.92	20.6	26.58	30	1.42	.12	.029	.020	.14	45.18	20.5	27.14		
"	1.59	.12	.027	.023	.12	43.36	20.9	28.12	"	1.48	.11	.026	.023	.13	44.03	19.6	26.55		
平均	1.49	.11	.026	.022	.13	42.71	21.5	27.10	"	1.58	.11	.027	.025	.12	44.78	19.9	27.96		
28	1.40	.11	.020	.017	.14	43.22	21.5	27.14	平均	1.49	.11	.027	.022	.13	44.66	20.0	27.21		

第 13 表 各種製品の成績

名 稱	厚 さ	化 學 成 分							物理的性質		
		C	Si	Mn	P	S	Cu	抗張力T/□"	延伸率%	彈性限T/□"	
眼 鋸	2 吋	.27	.13	1.52	.029	.024	.13	42.06	22.0	26.80	
"	2 1/4 吋	.29	.11	1.46	.028	.019	.13	44.80	20.3	26.20	
鑽 鋸	1 吋	.27	.11	1.50	.022	.021	.12	42.93	21.1	27.21	
鉗 鋸	3/4 吋	.27	.11	1.48	.024	.020	.13	43.04	20.4	27.01	
填 材	3/4 吋	.27	.11	1.51	.026	.024	.13	43.43	20.9	27.31	
吊 鋸	1 吋	.28	.14	1.49	.032	.027	.13	42.13	22.0	26.72	
添 鋸	1 吋	.26	.11	1.58	.031	.030	.14	40.60	24.5	27.04	
鉗	12 徑	.27	.12	1.56	.036	.026	.17	45.27	27.0	28.56	
丸 棒	12 徑	.28	.15	1.58	.026	.026	.15	47.27	27.5	29.56	
"	10 徑	.30	.11	1.50	.032	.020	.11	46.63	28.0	28.69	
"	18 徑	.30	.16	1.70	.032	.022	.08	44.66	28.0	29.61	

備考 i- 鉗及丸棒は鍛錬せしものにて標點距離 2 吋であり其他は厚鋸で標點距離 8 吋である。

### V 各國橋梁材規格

橋梁材に對する規格は普通次の如きもので各國皆類似してゐるのである。

#### A. 亞米利加材料試驗協會 (A. S. T. M) 規格 1. 化學成分

種 類	C	Si	Mn	P	S	Ni
普 通 鋼	—	—	—	.04 以下	.05 以下	—
硅 素 鋼	0.4 以下	0.2 以上	0.2 以上	.04 以下	.05 以下	—
ニツケル鋼	0.45 以下	—	0.7 以下	.04 以下	.05 以下	3.25 以上

#### 2. 物理的性質

種 別	炭 素 鋼		硅 素 鋼	ニツケル鋼
	構 造 材 鋼	リベット鋼		
抗張力 T/□"	55,000~65,000	46,006~56,000	80,000~95,000	85,000~100,000



降服點 "	50,000 以上	50,000 以上	45,000 以上	50,000 以上
延伸率(8")%	1,500,000/抗張力以上	1,500,000/抗張力以上	1,500,000/抗張力以上	1,500,000/抗張力以下
" (2")%	22 以上	—	—	—

- a. 熱處理したる眼鋸の抗張力は最低 14,000 lb/in<sup>2</sup>、最高 74,000 lb/in<sup>2</sup> たること。
- b. 屈曲試験は 3/4" 又はそれ以外の厚さのものは厚さに等しきピンにつき、又それ以上の厚さのものは厚さの 1 倍半に等しきピンにつきて 180 度に曲げ外部に龜裂を生ぜざること。
- c. 構造材鋼に對しては 3/4" 厚さ以上のものの延伸率は 1/32" 増すに就き 0.25%減少し 18%を最低とす。又 5/8" 以下の厚さのものは 1/32" 減するに對し 1.25%の減少とす。

**B. 英國の規格**

- 1. 指定なき限りは酸性又は鹽基性平爐鋼たるべきこと。而して其成分は 磷及び硫黃の含有量は 0.06%以下たるべし。
- 2. 鋼板及び平鋼は 0.375" (3/8") 厚さ以上のものは抗張力 28—33 T/□"、延伸率 20% 以上たるべきこと。又それ以下の厚さのものは 16%以上たること。
- 3. 丸棒、角棒(リベット鋼以外)は抗張力 28~33 T/□"、延伸率は試験片の形狀によりて 20~24% 以上たること。
- 4. リベット棒は抗張力 25~30 T/□" 延伸率は試験片の形狀によりて 25~30% 以上たること。

**C. 本邦規格**

- 1. 鋼材の化學成分 磷……0.04%以下 硫黃……0.05%以下
- 2. 鋼材の物理的性質 抗張強……38.57~45.69kg/mm<sup>2</sup>(55,000~65,000 lb/in<sup>2</sup>)(24.55~29.01T/in<sup>2</sup>)  
 彈性限……抗張強の 50%以上 伸張率……標點距離 8" 又は 200mm にて 22%

但し厚さによりて次の如くす。

板の厚さ(吋) 最低伸張率 % (8")

板の厚さ(吋)	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1	7/8	3/4	5/8	1/2	5/8	3/4	1/2	5/8	3/4
最低伸張率%(8")	18	18	19	20	21	22	22	22	22	22	19.5	17	14.5

試験片の寸法は厚さ 1 1/2" 以下のものは幅 38 mm (1 1/2") とす。

板、型及棒鋼は冷却試験す。厚さ 3/4" 及それ以下のものは 180 度屈曲す。厚さ 3/4" 以上 1 1/4" 迄(1 1/4 を含む)のものは厚さに等しき直徑の周圍に 180 度屈曲す。厚さ 1 1/4" 以上の厚さのものは厚さの 2 倍に等しき直徑の周圍を有するピンを 180 度屈曲す。何れも外部に缺點を生ずべからず。

**VI 眼鋸構成橋梁の實例**

眼鋸を用ひて構成せる橋梁の實例を二三示せば次の如きものである。(5)

第14表 (5)

橋梁名	竣工年月	長さ 呎	バーの数	大きさ 吋	抗張力 lb/□"
メンフォイス	1892	790	12	10×1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	62,000
クウィンスボロー	1909	1,182	20	16×2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	85,000
セント、ローレンス	1918	1,180	32	16×2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	80,000
ハドソン	—	3,500	96	16×2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	105,000~80,000
永代	1927	600	24	20×2	94,000
			216	15×2	
清州	1928	600	48	20×2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	96,000

(5) 此内ハドソン川に架設せらるべき橋梁材は ASTM の規格に従つて製作せしものであつて其仕様書を示せば先づすべての鋼材は平爐又は電氣爐にて製造し其製品には夫々熔解番號と熔解責任者の名を記入すべし。構造用炭素鋼は ASTM 規格と同じ化學成分にて(磷は 0.04%以下、硫黄は 0.05%以下)抗張力は 58,000~68,000 lb/in<sup>2</sup> 又最低降服點は 35,000 lb/in<sup>2</sup> 最低斷面收縮率は 42%たるべし。屈曲試験は 3/4" 又はそれ以下のものは厚さに等しきピンに付き、又それより厚きものは厚さ 1 倍半に等しきピンに付き 180 度に曲げらるべきものである。リベット用炭素鋼は優秀なる性質を有すべきもので其抗張力は 52,000~60,000 lb/in<sup>2</sup> 降服點は 30,000 lb/in<sup>2</sup> 又斷面收縮率は 52% でなければならぬ。次に構造用硅素鋼は其熱處理しないもの及びニッケル鋼の性質は第 15 表の如きものである。

第 15 表 ハドソン川の橋梁材

1. 化學成分

種目	炭素	磷	硫黄	硅素	滿	俺	ニッケル
硅素鋼	0.40 以下	0.04 以下	0.04 以下	0.2~0.4	—	—	—
ニッケル鋼	0.40 以下	0.04 以下	0.05 以下	—	1.00 以下	—	3.25 以上

2. 物理的性質

	硅素鋼	ニッケル鋼
抗張力 lb/□"	80,000~95,000	90,000 以上
降服點 "	45,000 以上	55,000 "
延伸率 (8")%	1,500,000/抗張力 以上	1,600,000/抗張力 以上

又熱處理したる眼鐸は 0.04%P 及 0.05%S 以下のものにて物理的性質の最低値は抗張力 105,000~80,000 lb/in<sup>2</sup>, 降服點 75,000~50,000 lb/in<sup>2</sup>. 延伸率 18 呎にて 5~8% である。

(6) 又イリノイス州メトロポクスに於けるオハイヨ川に架せる橋梁の桁構中特別の位置にあるもの即ち弦材 (Cord) 主柱 (Post) 交打梁 (Diagonal) 及び底部弦材の入子 (パネル) 板等には硅素鋼を使用し其他の材料はすべて炭素鋼を用ゆ。但し角柱 (ピラー) 及び眼鐸の両者はニッケル鋼である。橋梁施設の任に當れる當事者は何れも其橋梁材中硅素鋼を使用したるにより橋梁は極めて丈夫に且つ鋼材自身も何等硅素の爲め硬度が過ぎ脆き物とならずして強力を増加せりと賞讃した。次表に示すは使用する鋼材の物理的並に化學的性質であつて鋼材は亞米利加橋梁會社の提供によれるものに就いて試験せるものである。猶又これと同質の鋼材をシカゴの新橋にも使用せらるゝといふことである。

第 16 表 オハイヨ川の橋梁材

番號	鋼種	形狀	形 狀		化 學 的 性 質						物 理 的 性 質			
			大さ(吋)	長さ(吋)	C	Si	Mn	P	S	Ni	彈性限 lb/□"	抗張力 lb/□"	伸 (8')%	斷面收 縮率%
1	硅素鋼	鋼板	42×1¾	435.3	0.34	0.32	0.74	0.016	0.036	—	53,870	86,000	18.5	30.8
2	"	"	42×¾	435.5	0.31	0.35	0.68	0.016	0.031	—	50,160	81,350	19.7	37.1
3	"	"	42×1⅜	608.0	0.29	0.40	0.70	0.020	0.037	—	47,450	86,780	18.5	40.2
4	"	"	42×1⅝	703.0	0.30	0.35	0.65	0.016	0.034	—	49,660	83,640	19.7	43.7
5	"	アングル	9×8×1⅝	608.0	0.32	0.30	0.52	0.023	0.030	—	51,400	89,280	19.7	41.9
6	"	"	8×8×1⅝	595.0	0.35	—	0.57	0.024	0.040	—	48,000	82,640	16.6	31.7
7	"	"	8×8×1⅝	690.0	0.35	—	0.52	0.029	0.040	—	50,720	84,220	19.2	46.3
8	炭素鋼	鋼板	33×¾	348.0	0.22	—	0.35	0.014	0.028	—	38,620	63,400	27.5	57.4
9	"	"	21×1½	110.0	0.25	—	0.54	0.014	0.047	—	38,000	62,390	26.7	52.0
10	"	アングル	8×8×⅞	390.0	0.20	—	0.39	0.020	0.026	—	38,100	60,600	28.5	54.0
11	ニッケル鋼	眼鋸	12×1⅝	436.0	0.34	0.06	0.60	0.016	0.026	3.27	57,000	92,640	13.1	40.2

備考 :- ニッケル鋼の伸は 18 呎に就きての成績

次に我國に於けるものは前述の規格によるものなるが今一例を示さん(山陰線餘部陸橋(明治 44 年 11 月竣工)の鋼材の性質は次の如きものである。

第 17 表 餘部陸橋使用鋼材

物理的性質	示様書規定		試験成績	炭素 硅 滿 磷 硫 黃	分析結果
	試験片寸法(吋)	½×1½			
標點間距離(吋)	8	4			0.15~0.25
抗張強 (lb/in <sup>2</sup> )	60,000	66,7000			—
伸張率 (%)	22.5	37.0			0.50~0.60
破斷面の状態	絹絲状態	絹絲状			0.10
冷却試験		良好			0.09~0.04

破斷することなく氣温にて  
屈曲すること 180° 以上

VII 各種橋梁材の比較

普通橋梁材として用ゐらるゝものは前述せし如く炭素鋼、硅素鋼、ニッケル鋼及び本論文のヂューコー  
ル鋼である。今是等の性質を比較して見やう。次の表中オハイヨ川のは第 16 表の平均値である。

第 18 表 a 各種橋梁材の性質

鋼種	橋梁名	形 狀		化 學 成 分						物 理 的 性 質						
		形狀	大さ(吋)	長さ(吋)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	抗張力 lb/□"	延伸 率%	彈性限 T/□"	收縮率 %	
炭素鋼	ハ ソ ン	眼鋸	16×2¼	—	4以下	—	—	0.04以下	0.05以下	—	—	58,000~ 68,000	—	35,000以上	42.0	
	オ ハ ヨ	鋼板	27×1	229.0	0.23	—	0.44	0.014	0.037	—	—	62,890	27.1	38,310	54.7	
	〃	ア ン グ ル	8×8×⅞	390.0	0.20	—	0.39	0.020	0.026	—	—	60,600	28.5	38,100	54.0	
硅素鋼	ハ ソ ン	眼鋸	16×2½	—	4以下	2-4	—	0.04以下	0.04以下	—	—	80,000~ 95,000	15.0	45,000以上	—	
	オ ハ ヨ	鋼板	42×1⅜	557.9	0.31	—	0.34	0.65	0.018	0.035	—	—	85,410	19.2	50,500	38.7
	〃	ア ン グ ル	9×8×1⅝	608.0	0.32	—	0.30	0.52	0.023	0.030	—	—	89,280	19.7	51,400	41.9

				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	lb/in <sup>2</sup>	%	T/in <sup>2</sup>	%
ニツケル鋼	ハドソン	眼鋸 16×2½	—	以下	—	1.0	.04	.05	3.25	—	90,000	16.0	55,000以上	—
	オハイヨ	〃〃 12×1½	436.0	.34	.60	.60	.016	.026	3.27	—	92,640	13.1	57,000	40.2
	佛蘭西 <sup>(8)</sup>	不明 12×1½	436.0	.35	—	.70	—	—	1.25~1.51	.36~.47	53,680~70,000	16.0	50,000	—
D鋼	永代	眼鋸 15×2	240.0	.27	.12	1.49	.025	.022	—	—	95,300	21.5	166,000	—
	〃〃	丸棒 10 徑	—	.30	.11	1.50	.032	.011	—	—	100,000	28.0	64,300	—

第 18 表 b 各種橋梁材の性質

橋梁名	化 學 的 成 分					物 理 的 性 質			
	C	Si	Mn	Ni	Cr	抗張力 lb/〇"	降服點 lb/〇"	延伸率 %	斷面收縮率 %
セントルイス	.38	—	.58	3.45	—	100,000	60,000	18	33½
メンフィス	.35	—	.70	1.40	.45	90,000	56,000	13	—
デレヴァエアー	.31	.29	.96	—	—	90,500	52,500	25	48
〃	.34	.22	.57	—	—	79,000	46,500	25	52

Bureau of Standard 試験 (Iron Age Aug. 19, 1926)

備考 :—眼鋸は普通鍛鍊して造るもので永代橋用の如く鋼板より造れるものは未だ其例は世界中にないとのことである。<sup>(9)</sup>又オハイヨ川用ニツケル鋼は 18 呎の標點距離であり永代橋用丸棒は 2 呎の標點距離であり其他は全部 8 呎である。

上表より明らかなる如くデューコール鋼は炭素鋼及び硅素鋼に比し遙に優れ從來橋梁材として最良なりと思はれてゐたニツケル鋼にも比敵し得るのである。又經濟的立場より論ずるもニツケル鋼に比して低廉なることは勿論であるが、炭素鋼に比しても有利なのである。即ち抗張力大なる材料は其斷面を縮小され従つて其重量を輕減され得るのみならず張間を一層増大することを得る故に結局炭素鋼よりも經濟的なるわけである。今デューコール鋼と炭素鋼とを比較せんに眼鋸製作費 1 噸に就き炭素鋼製は平均 270 圓であるが、デューコール鋼製は 355~380 圓平均 368 圓である。それ故に兩者の比は略々 1:1.34 となる。然るに抗張力の比は炭素鋼は平均 60,000 封度なれば 1:1.6 となる。それ故にデューコール鋼を炭素鋼の抗張力と等しくするには其斷面を縮小すべきであるから若し炭素鋼と同じ抗張力のデューコール鋼材は幾何の價となるやといふに  $95,000:60,000=368:X$  即ち  $X=230$  圓となり炭素鋼より廉價となるのである。

米國土木技師 L. S. Maisseif<sup>(5)</sup> 氏はハドソン川の橋梁設計に當り其使用鋼板は厚さ ¾" 以下のものを用ひるがよいと述べ、又紐育橋梁協會の人々は大きな材料を少く用ひるよりも小さき材料を多く使用した方が安全であると述べてゐる。<sup>(5)</sup>又佛國の土木學者 Waddell<sup>(8)</sup> 氏は嘗て橋梁材に關して論じて曰はく最初の鐵橋は鑄鐵によりて試みられしも張間の増大するに従ひ漸次抗張力大なる金屬を用ひんとする傾向を生じ、即ち軟鋼を以てすれば其彈性限 25~30 kg/mm<sup>2</sup> にして 500 米以上の張間を與ふるを得べく、又更に今日容易に得らるゝ破斷界の一層大なるニツケル鋼を用ふれば其全重量を減ずるのみならず其張間をして一層増大せしめ得るのであると。要するにすべての點より論ずるもデューコール鋼は橋梁材として最も優秀なることを確證し得るのである。

VIII. 鋼質に及ぼす滿俺の影響

我工場にて製作せしデューコール鋼は前述の如く其滿俺含有量は英國海軍規格と同じき 1.4~1.6% の範圍のものであるが、1.2% 内外の滿俺を含むものもデューコール鋼と稱せられてゐるのである。又それより滿俺量減すれば特製堅質鋼或は高高張力鋼と稱せられ更に夫れ以下のものは高張力鋼と命名して普通鋼に對して區別されてゐるのである。然らば是等幾多の鋼種は化學的並に物理的に如何に異なるかを比較して見やう。

第 19 表 滿俺量異なる各種鋼材

鋼種	炭素鋼	高張力鋼	高高張力鋼	デューコール鋼	滿俺鋼
滿俺	0.8 以下	0.8~1.0	1.0~1.2	1.2~1.6	11.5~13.5
炭素	1.0 "	0.2~0.3	0.2~0.3	0.2~0.3	1.10~以下

名して普通鋼に對して區別されてゐるのである。然らば是等幾多の鋼種は化學的並に物理的に如何に異なるかを比較して見やう。

第 20 表 各種鋼板の性質(厚さ 1 吋)

鋼種	化學成分						物理的性質(8")		
	C	Si	Mn	P	S	Cu	抗張力 T/σ"	延伸率	弾性限 T/σ"
軟鋼	.28	.11	.51	.041	.033	.16	29.94	27.5	17.3
高張力鋼	.28	.13	.82	.033	.021	.12	36.43	24.5	23.8
高高張力鋼	.28	.10	1.00	.024	.019	.11	38.12	22.6	25.0
デューコール鋼	.28	.07	1.20	.027	.016	.13	40.30	21.6	26.25
"	.28	.12	1.49	.022	.019	.14	42.99	21.4	27.55
"	.28	.11	1.80	.034	.020	.15	44.18	20.0	28.11

第 21 表 英國鋼板成績 (1)

鋼種	破斷界		降服點		延伸率 8"%	收縮率 %	比例限界 T/σ"
	噸	T/σ"	噸	T/σ"			
軟鋼	24.5	27.6	15.5	17.6	25.0	47.5	10.7
高張力鋼	25.4	37.9	15.8	25.0	26.5	54.0	14.1
デューコール鋼	41.1	40.5	24.0	23.7	20.0	59.2	20.2

第 22 表 各種鋼板の成績 (1)

鋼種	厚さ 吋	試験片 寸法吋	化學成分							物理的性質			
			C	Si	Mn	P	S	Cu	弾性限 T/σ"	最大抗張力 T/σ"	延伸率%	ブリネル	
軟鋼	1	1×1×8	.24	.05	.44	.020	.074	.262	13.30	28.6	25.1	134	
高抗張力鋼	1	1×1×8	.25	.199	.80	.030	.027	.199	18.60	33.6	27.5	156	
特製堅質鋼	1/2	5×1.5×8	.23	.152	.90	.019	.022	.594	17.70	39.0	23.0	187	
"	"	5×2×8	.26	.171	1.13	.021	.015	.541	10.70	37.8	22.6	187	
デューコール鋼	1	1×1×8	.27	.085	1.20	.040	.036	.044	22.60	39.2	24.2	179	

備考:— 890°C に 1 時間焼鈍し空中冷却せしもの

次に第 III 章に於て述べし如き豫備試験に用ひし鋼板と滿俺鋼及び高張力鋼とに就きて鐵道大臣官房研究所にて衝撃、反覆衝撃及び靱性に關する試験をされしに次の如き結果を得られたのである。(9)

a. 衝撃試験成績 使用試験機 Amsler's Impact Testing Machine (Charpy Type)

試験機能力 30kg.m. 試験の加勢能力 15kg.m. 折損時の錘の速度 3.83m/sec. 試験片支持距離 80mm

第 23 表 衝撃試験成績

試験片種類	試験片寸法 mm		吸収 勢力			シヨアー 硬度 數
	b	h	b×h	kg m	kgm/mm <sup>2</sup>	
満俺鋼2C	10.00	80.6	806	6.5	0.0836	24
高張力鋼3C	10.01	80.3	804	5.3	0.0720	26
デューコール鋼2C	10.01	80.3	804	8.1	0.1007	35
" 9C	10.01	80.6	807	8.5	0.1053	35

第 24 表 反覆衝撃試験成績

試験片符號	直 徑 (mm)	試験片支持 距離(mm)	破壊までの 打撃回數	吸収勢力 (kg/m
満俺鋼2C	12.00	14	37,622	9,029
高張力鋼3C	"	"	58,261	13,983
デューコール鋼3C	"	"	92,061	22,095
" 9C	"	"	88,137	21,153

b. 反覆衝撃試験成績 使用試験機 Amsler's Repeated Impact Test (Quadruple Type) 使用した打錘の能力 12 kg. mm.

C. 靱性試験成績 使用試験機、明石製作所製 (Upton Lewis Type)、1 分間の回轉數 350、弾性係數 21,000kg/mm<sup>2</sup>

第 25 表 靱性試験成績

試験片符號	試験片の大きさ		h (吋)	破壊まで の回數	應 力		吸収力 kg/m	シヨアー 硬度 數
	厚 (吋)	幅 (吋)			T/σ"	kg/mm <sup>2</sup>		
満 俺 鋼 5	0.19	0.98	0.18	304	20.6	32.9	0.196	25
高 張 力 鋼 4	"	"	0.23	448	26.3	41.5	0.461	26
デューコール鋼 6	"	"	0.24	704	27.5	43.0	0.774	33
" 7	"	"	0.24	720	27.5	43.0	0.792	32
" 13	"	"	0.24	734	27.5	43.0	0.807	34
" 14	"	"	0.24	808	27.5	43.0	0.889	34

振動の振幅は No 6 のみ ½吋, 他は全部 ¾吋

上記の試験に於て No 6 試験片を除く外は總て試験機のクランクに依る振幅の振幅を ¾吋にし No 6 のみの振幅を ½吋にした。又 Spring Dynamometer は 1吋壓縮するために 1,120 封度の力を要するものを使用した。上表中の h は即ち之に相當する動きである。

以上の諸實驗より見るに満俺鋼は別として其満俺含有量増加するに従ひ次第に抗張力、弾性限、衝撃、反覆衝撃等を増すと同時に靱性も優秀なることを知らるゝのである。それ故にデューコール鋼は前章に述べたる如く橋梁材として優秀なることは勿論であるが、一般の構造材としても普通用ひらるゝ鋼材に比し遙に優れてゐることも明かである。

著者は更に満俺量と製造上との關係に就きて考察せんと思ふのである。かく満俺量増加するに従ひ抗張力其他の性質を良好ならしむる故に延伸率を甚しく損せざる範圍に於ては満俺量多き程よきわけである。然し鹽基性平爐に於ては前述せし如く餘り多量の満俺を爐内に装入することは作業に支障を來たし、又取鍋内に入れるとしても 1.5%Mn 位まではほぼ確實に製造し得るもそれ以上のものは確實なる結果は得られないのである。又餘り満俺多量なるものは鑄造作業が困難である。著者は 1.8~2.0 %の Mn を含むものを製造せしが満俺の歩留り確實ならず又鑄造作業にも細心の注意を要したのである。それ故に鹽基性平爐作業に於ては 1.5 % 位までの Mn を含むものが安全である。次に炭素量に於ても獨逸のエスリングル工場製満俺團塊 (Mangan-Formlinge) を用ふれば特別であるが、普

通の滿俺鐵には 5 %内外の炭素を含む故に 1.5 % 位の滿俺を含ましむる場合は相當の炭素を誘引することは免れないのである。又銻鋼中の炭素を極端に低下せしむることは製鋼作業上面白くない故に製品は相當の炭素を含むものとなるのである。それ故にデューコール鋼の特質を満足すべきもの即ち濱住氏<sup>(2)</sup>の所謂有効範圍は可成廣いと雖も鹽基性平爐にて大量製産する場合は 0.24~0.30% C, 1.4~1.6% Mn の範圍のものが製造上並に材質上最良の結果をもたらすものである。最初の製造者たるコルピル會社にてもかくの如き研究結果よりデューコール鋼なるものの成分を決定したのであらう。

次にデューコール鋼の組織は大體ソルバイトで其結晶粒は滿俺少きものより細くパーライト表はるゝも斷續的である。第7圖は鑄造せし儘の組織、第8圖及び第9圖はデューコール鋼板を瓦斯切斷せしものの切口に近き部分の組織で何れも高温度より空中放冷されたるものであるから、所謂 Stead の<sup>(10)</sup>ノルマライズされたる組織に近いものである。それ故に多少結晶粒細き網狀フェライトを有するソルバイトである。第10、11及12圖は第7、8及9圖を各々 860°C にて1時間焼鈍し 爐中冷却せしものの組織で硬軟兩質が互に擴散してゐるのである。(ノルマライズとは臨界温度以上に加熱し之を大氣中にて冷却せしむることである。)

## IX. 結 論

1. 著者は永代橋及び清州橋に用ひられたるデューコール鋼に就いて述べた。
2. 初め製造過程を概説し次に其製品成績に就いて論じた。
3. デューコール鋼が他の橋梁材と比較して如何なる得失を有するかを研究する爲めに今日最も普通用ひらるゝ炭素鋼、硅素鋼及びニツケル鋼と比較對照せしに其材質は勿論經濟的にも優秀なることを確め得たのである。
4. デューコール鋼の優秀なるは滿俺を多量に含む爲めであるから其滿俺含有量によりて如何に影響せらるゝかを知る爲めに、普通鋼及び高張力鋼と比較せしに抗張力及び彈性限は滿俺量に正比例して著しく増すが、延伸率はそれに反比例して減ずるも左程大ではないのである。
5. 鹽基性平爐にては 0.24~0.30 % C, 及び 1.4~1.6% Mn の成分のものが製造上並に材質上最良の結果をもたらすものである。

本研究は井上銻鋼課長、太田検査係主任、北川現場分析係主任及び銻鋼係大崎、小島兩技師、植田助手並に製板工場諸氏の努力によるものであつて、著者は唯之を纏めたに過ぎないのである。それ故に是等關係諸氏に對し深く感謝する次第である。然し本論文に對しては著者一人が其責を負ふものであることを一言して此處に筆を擱く。

註。(1)佐々木新太郎 造船協會々報 第38號 (2)濱住松二郎 金屬の研究 第5卷第11號 (3)内田新八 製鐵研究 第105號 (4)Iron Age Nov. 23, 1922. (5)Iron Age Aug. 25, 1927. (6)Engineering, News-Record Aug. 1, 1916. (7)塚本小四郎 鐵と鋼 第4年 第11號 (8)Le Genie Civil No. 4 1916. (9)小松喬 都市工學第6卷第10號 (10)Iron & Coal Trade Review, Feb. 18, 1916.

第 26 表 チューコール鋼板の成績 (試験片一断面積 1.500 平方吋, 標點距離 8 吋)

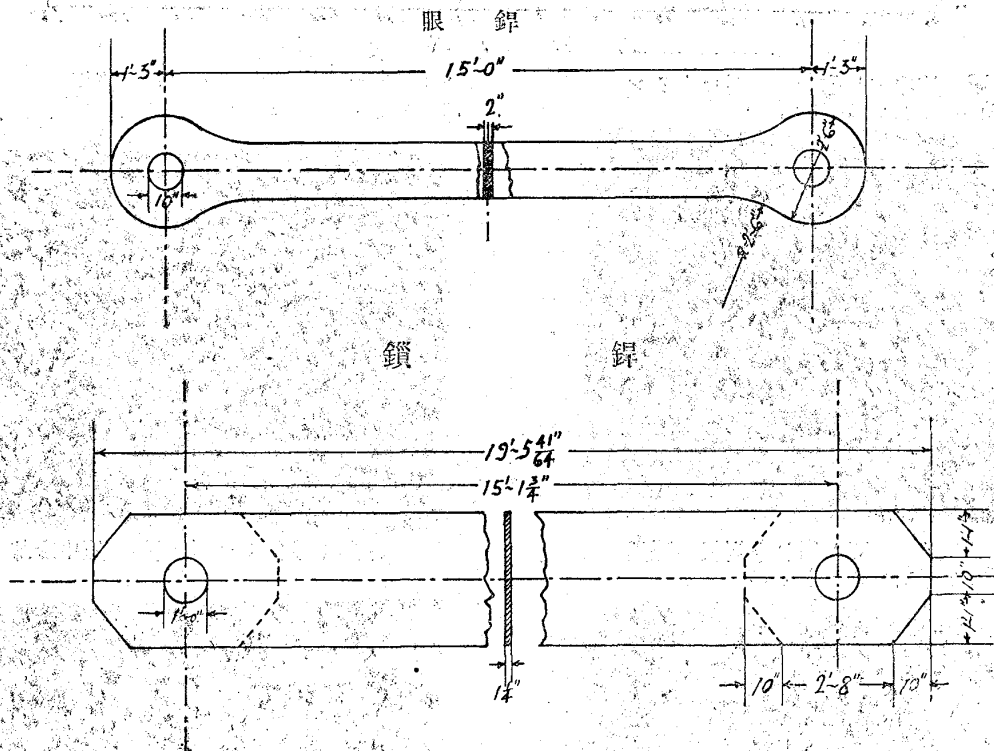
鋼の厚さ(吋)	化學成分					物理的性質				試験片寸法 (吋)
	C	Mn	Si	P	S	Cu	抗張力 T/□"	延伸率 %	弾性限 T/□"	
3/4	.24	1.40	.12	.021	.019	.12	40.64	20.2	27.09	750×2.000
1	"	1.41	.10	.019	.024	.14	40.45	24.5	27.00	990×1.500
2	"	1.51	.17	.029	.025	.13	39.05	23.0	27.33	740×2.000
平均	"	1.44	.13	.023	.022	.13	40.04	22.55	27.14	
1	.25	1.50	.20	.028	.030	.14	41.31	22.2	28.09	990×1.500
5/8	"	1.52	.14	.025	.020	.16	41.15	23.0	26.32	610×2.300
平均	"	1.51	.17	.026	.025	.15	41.23	22.5	27.19	
3/4	.26	1.40	.10	.018	.029	.15	40.29	22.0	25.84	770×2.000
5/8	"	1.43	.11	.021	.028	.12	40.19	24.0	25.84	625×2.370
5/8	"	1.40	.12	.015	.015	.13	41.28	23.6	27.28	630×2.380
1	"	1.40	.11	.031	.023	.12	40.47	24.0	25.76	1.000×1.480
1	"	1.41	.11	.024	.016	.15	40.24	21.0	26.99	1.250×1.180
1	"	1.40	.12	.023	.015	.14	41.01	23.5	27.69	1.000×1.480
平均	"	1.40	.10	.022	.021	.13	40.91	22.6	26.90	
1	.26	1.45	.08	.030	.025	.16	42.05	23.6	27.80	1.500×1.000
2	"	1.50	.17	.034	.022	.13	40.83	21.9	26.00	750×1.980
1	"	1.52	.10	.020	.024	.14	41.68	24.8	27.29	.980×1.500
2	"	1.54	.14	.031	.026	.10	41.18	23.0	26.37	740×1.980
平均	"	1.50	.12	.028	.024	.13	41.43	23.0	26.86	
1	.26	1.58	.11	.031	.030	.14	40.60	23.5	27.40	1.500×1.000
3/4	"	1.60	.11	.035	.019	.11	44.67	19.7	27.76	625×2.350
2	"	1.66	.15	.036	.029	.16	42.27	21.5	26.83	740×1.990
2	"	1.58	.18	.034	.026	.15	40.85	23.9	25.82	" "
3/4	"	1.59	.10	.021	.028	.12	44.46	19.2	29.18	730×1.436
平均	"	1.60	.13	.033	.026	.13	42.57	21.5	27.39	
5/8	.27	1.44	.11	.020	.016	.11	41.36	23.5	26.25	620×2.350
1	"	1.40	.10	.035	.026	.14	43.72	19.4	25.99	980×1.490
3/4	"	1.37	.10	.021	.017	.16	43.87	22.2	28.59	750×1.970
2 1/2	"	1.40	.14	.021	.010	.15	40.52	24.5	25.81	745×1.970
2	"	1.40	.16	.035	.029	.15	40.44	22.8	26.40	740×1.980
1	"	1.40	.18	.034	.030	.14	42.85	24.1	27.00	980×1.490
1	"	1.41	.11	.024	.027	.14	40.46	23.9	25.96	980×1.500
2	"	1.38	.11	.031	.026	.15	41.62	23.9	26.82	740×1.980
平均	"	1.40	.12	.027	.022	.14	41.85	23.0	26.60	
1	.27	1.52	.12	.021	.019	.13	42.55	23.0	26.44	995×1.490
"	"	1.50	.11	.023	.019	.12	40.88	22.8	27.05	990×1.500
"	"	1.52	.12	.029	.030	.12	43.73	19.9	26.51	980×1.500
"	"	1.47	.10	.027	.028	.14	41.88	20.0	27.75	1.250×1.180
"	"	1.45	.11	.026	.021	.11	43.75	19.8	26.77	1.000×1.500
3/4	"	1.47	.07	.026	.028	.15	44.03	19.1	25.46	620×2.250
"	"	1.52	.11	.026	.017	.14	43.67	19.8	26.14	"
平均	"	1.49	.10	.025	.023	.13	42.67	20.6	26.58	
1	.27	1.62	.11	.029	.019	.11	43.86	19.0	28.27	990×1.500
5/8	"	1.60	.10	.028	.026	.13	43.89	19.3	28.18	615×2.370
"	"	1.58	.11	.033	.030	.13	44.29	22.1	28.31	625×2.370
"	"	1.59	.11	.029	.020	.09	43.28	21.5	28.11	"
2	"	1.58	.11	.031	.025	.09	42.50	22.0	28.06	750×1.975
1	"	1.58	.14	.022	.024	.14	42.68	21.2	27.98	987×1.500



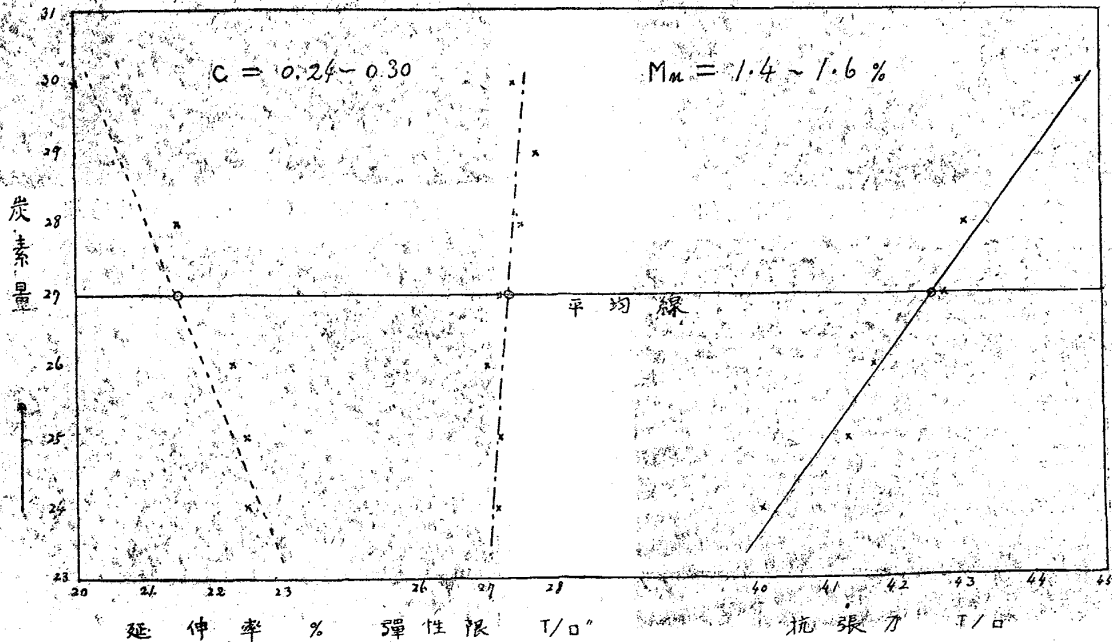
2	"	1.62	.12	.021	.018	.15	43.08	21.5	27.94	.750 × 1.950
平均	"	1.59	.12	.027	.023	.12	43.36	20.9	28.12	
1	.28	1.40	.11	.017	.013	.12	44.25	19.5	25.95	1.250 × 1.170
1	"	1.41	.11	.014	.014	.15	42.78	23.3	27.06	" "
3/4	"	1.38	.11	.016	.020	.14	42.78	21.0	27.97	.750 × 1.970
3/4	"	1.42	.11	.022	.017	.15	43.68	21.0	26.69	" "
1	"	1.42	.12	.020	.014	.14	43.92	22.5	27.94	.970 × 1.500
"	"	1.37	.08	.021	.019	.15	42.63	21.6	27.01	1.250 × 1.190
2	"	1.43	.13	.024	.022	.15	42.06	21.5	27.64	.745 × 1.980
2 1/2	"	1.44	.12	.031	.018	.13	44.02	22.3	28.88	2.230 × 1.500
平均	"	1.40	.11	.020	.017	.14	43.22	21.5	27.14	
1	.28	1.48	.10	.028	.029	.12	43.62	22.5	28.14	.980 × 1.490
1	"	1.49	.14	.032	.027	.13	42.13	22.0	26.72	.625 × 2.350
1	"	1.52	.12	.024	.017	.16	42.17	20.8	26.94	1.000 × 1.500
1	"	1.52	.12	.031	.018	.13	44.76	22.8	28.10	1.230 × 1.170
3/4	"	1.52	.12	.029	.017	.16	42.17	20.8	26.94	.770 × 1.930
2	"	1.52	.10	.022	.025	.15	41.12	20.5	28.05	.740 × 2.000
3/4	"	1.45	.09	.018	.016	.16	43.29	22.0	28.30	.770 × 1.940
1	"	1.46	.10	.020	.023	.12	42.63	20.3	26.32	1.010 × 1.500
2	"	1.47	.18	.036	.020	.15	43.78	20.7	28.31	.750 × 1.980
2	"	1.47	.18	.019	.022	.16	42.23	20.6	27.57	.740 × 1.980
平均	"	1.48	.12	.025	.021	.14	42.81	21.3	27.53	
1	.28	1.55	.11	.031	.029	.14	41.46	21.0	27.54	.990 × 1.500
1	"	1.57	.10	.020	.018	.12	43.93	23.0	26.53	1.000 × 1.500
2	"	1.58	.19	.027	.014	.15	42.83	19.2	27.08	.750 × 2.000
2	"	1.59	.17	.029	.020	.09	43.28	21.5	28.11	.750 × 1.980
1	"	1.60	.10	.017	.021	.13	43.11	19.5	27.24	1.010 × 1.500
3/4	"	1.60	.11	.026	.027	.13	43.54	22.2	26.18	1.230 × 1.200
2	"	1.64	.16	.020	.017	.16	42.58	20.0	25.70	.750 × 2.000
1	"	1.60	.11	.026	.029	.13	43.54	22.2	26.18	.990 × 1.500
2	"	1.68	.20	.023	.020	.16	42.38	24.0	26.45	.745 × 1.980
平均	"	1.60	.15	.024	.021	.14	42.96	21.4	28.00	
2	.29	1.38	.09	.029	.021	.14	43.08	22.2	27.32	.740 × 1.980
1	"	1.39	.10	.021	.020	.16	44.76	20.6	28.48	1.000 × 1.500
5/8	"	1.40	.10	.023	.016	.13	44.97	19.3	28.09	1.230 × 1.200
"	"	1.40	.13	.019	.014	.14	45.98	21.0	27.85	" "
1 1/4	"	1.44	.11	.024	.019	.13	42.32	22.0	28.36	1.250 × 1.180
平均	"	1.40	.10	.023	.018	.14	44.22	21.0	28.02	
1	.29	1.46	.11	.028	.019	.13	42.29	20.0	26.33	1.000 × 1.500
3/4	"	1.48	.11	.018	.019	.15	45.78	20.6	28.41	.750 × 2.000
"	"	1.48	.10	.017	.022	.12	45.96	19.0	28.17	.625 × 2.350
1	"	1.48	.11	.030	.030	.09	42.27	21.0	26.54	1.000 × 1.500
1	"	1.49	.12	.016	.018	.16	43.52	22.5	27.97	1.000 × 1.500
1	"	1.52	.09	.026	.023	.14	42.67	20.1	28.61	1.250 × 1.170
平均	"	1.48	.10	.022	.021	.12	43.74	20.5	27.67	
2	.29	1.56	.11	.030	.030	.09	44.72	21.3	27.02	.760 × 2.000
1	"	1.57	.12	.024	.021	.13	45.72	19.0	27.54	1.250 × 1.180
1	"	1.58	.10	.018	.018	.12	44.52	20.2	28.77	.970 × 1.480
1	"	1.60	.11	.021	.028	.11	44.82	19.9	27.90	1.250 × 1.180
2	"	1.63	.10	.039	.042	.16	44.54	21.5	26.55	.760 × 2.000
1	"	1.64	.11	.035	.020	.16	44.94	20.6	27.80	.990 × 1.500
平均	"	1.59	.10	.027	.027	.12	45.21	20.4	27.59	
1	.30	1.42	.12	.029	.020	.14	45.18	20.5	27.14	.760 × 2.000

1	30	1.46	.11	.023	.030	.15	42.91	18.5	26.90	.995 × 1.490
1	"	1.48	.11	.026	.029	.11	42.89	22.0	26.08	1.240 × 1.190
2	"	1.50	.11	.032	.020	.11	45.42	21.2	27.35	.740 × 1.970
3/4	"	1.51	.13	.025	.020	.15	42.56	8.3	26.35	.750 × 2.000
1	"	1.54	.11	.026	.019	.14	45.22	18.1	26.10	1.250 × 1.180
平均	"	1.48	.11	.026	.023	.13	44.03	19.6	26.55	
5/8	30	1.58	.10	.024	.030	.14	44.74	18.5	27.73	.630 × 2.380
1	"	1.56	.12	.028	.020	.14	46.01	18.6	28.60	.994 × 1.480
3/4	"	1.59	.13	.034	.026	.13	44.33	18.2	27.76	.750 × 2.000
1	"	1.60	.13	.020	.026	.10	44.37	23.2	27.97	1.000 × 1.500
2	"	1.60	.11	.030	.023	.12	44.49	21.6	27.77	.740 × 2.000
平均	"	1.58	.11	.027	.025	.12	44.78	19.9	27.96	

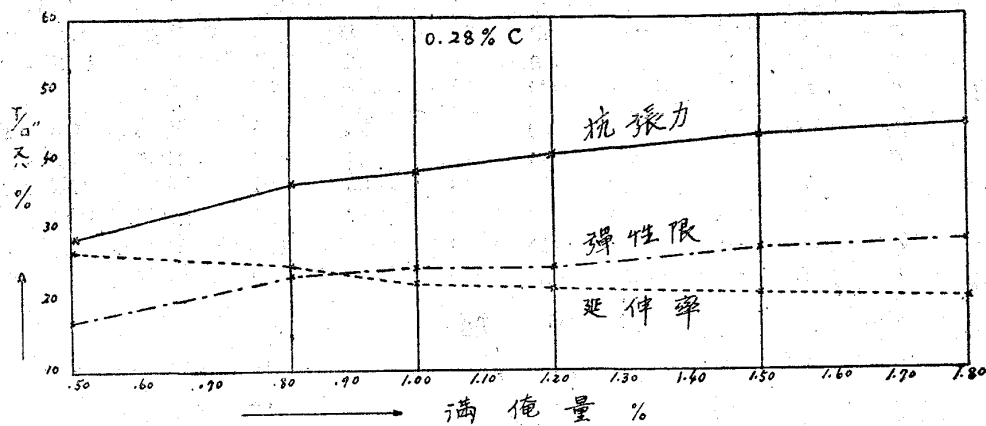
第 6 圖



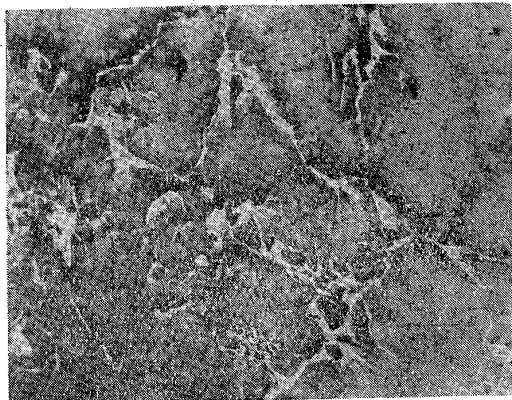
第 7 圖 デューコール鋼の物理的性質



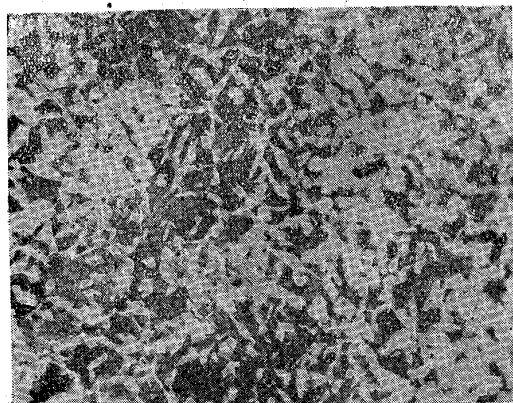
第 8 圖 滿捲量と物理的性質との關係



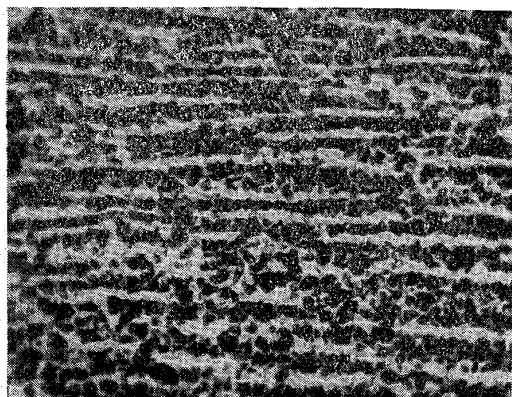
第 7 圖 鑄造せし儘の D 鋼ピクリン酸腐蝕 0.28 %C 1.52 % Mn



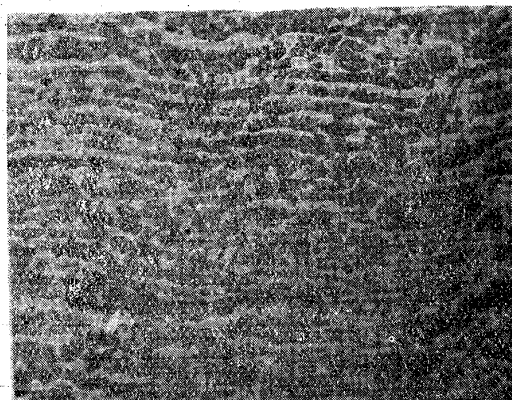
第 9 圖 第 8 圖と同じき鋼板を壓延の方向と直角に撮りしもの



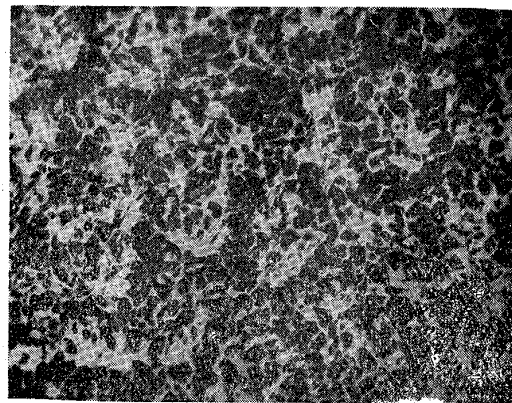
第 11 圖 860°C 焼鈍 爐中冷却



第 8 圖を第 7 圖を壓延せし D 鋼板を壓延の方向に撮りしもの ピクリン酸腐蝕 瓦斯切斷せし儘



(第 10 圖 860°C 焼鈍 爐中冷却)



第 12 圖 860°C 焼鈍 爐中冷却

