

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—四四瓩、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—六〇瓩、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

12 延伸率に依りて規定せらるゝを以て、本試験に於ても唯抗張力及延伸率の測定に止めたり。

試験方法

試験は兩回に分ちて施行し、第一回試験の際前記諸會社に依頼せし事項左記の如し。

一、材質は鐵道院規格軟鑄鋼、中鑄鋼及硬鑄鋼に相當するものたるへし。

二、第一圖に示す如き形狀及寸法を有する前記材質の鋼塊一個宛を鑄込むこと。

但し湯口は徑二吋四分の三とし側面下部(S)に設くへし。

三、鑄込みたる鋼塊は軟化せざる儘其の底部より第一圖に示す如くA B C D E Fを切取り更に之をA B C F及C D E Fに二分すへし。

四、A B C Fは其の斷面積か約四分の一になる迄鍛鍊し之を長さに於て四分し各々をA₁……………A₄

(硬鍛)B₁……………B₄(中鍛及C₁……………C₄(軟鍛)と名く。

五、C D E Fは點線の如く四分し同く之をA₁……………A₄(硬鑄)B₁……………B₄(中鑄及C₁……………C₄(軟鑄)と名く。

六、前二項に於て得たる試験材二十四本は硬、中、軟の種別毎に八本宛を同時に同一爐に於て適當なる軟化作業を施したる後各々より徑十五耗の鐵道院基本試験片を削成し、抗張力及延伸率を測定すへし。

七、第六項の軟化作業に就ては其の取扱方を記録すへし。

然るに第一回試験に於て鑄鋼及鍛鋼に對し同一爐中に於て同一軟化作業を施行せしは、理論上不適當なりしと鍛鍊する斷面積の割合か其の品質に如何なる影響を與ふるかを知らんか爲め、第二回試験に於ては左の如く會社に依頼せり。

一、材質は鐵道院規格中鑄鋼又は會社の都合に依り其れに類似のものたるへし。

二、第二圖に示す如き形狀及寸法を有する鋼塊 D 及 E 二個を鑄込むこと。

但し湯口は第一回試験と同位置に設けること。

三、鑄込みたる鋼塊は軟化せざる儘其の底部より第二圖に示す如く A B C D E F を切取り更に之を A B C F 及 C D E F に二分すへし。

四、A B C F は其の斷面積約九分の一に達する迄鍛鍊し之を長さに於て九分し各々を D₁ …… D₉。

(鍛) 及 E₁ …… E₉ (鍛) と名く。

五、C D E F は第二圖點線に示す如く其の儘之を九分し前同様 D₁ …… D₉ (鑄) 及 E₁ …… E₉ (鑄) と名

く。

六、前二項によりて得たる D 及 E 群の試験片は鑄鋼及鍛鋼別に適當なる軟化作業を施し D 群(鑄鍛共)は最大抗張力 E 群(鑄鍛共)は最大延伸率を有せしむへし。

七、斯くして得たる試験材に對し前試験同様抗張力及延伸率を測定すへし。

八、第六項の軟化作業に就ては其の取扱方を記録すへし。

試験成績

第一回及第二回試験共大正五年二月下旬より七月下旬の間に於て施行し其の成績は第一表乃至第七表にあり。

第一表乃至第三表は第一回試験の各會社に於ける成績にして第四表は其の平均なり、第五表及第六表は第二回試験の各會社に於ける成績にして第七表は同く其の平均を示す、今其の成績に就て考ふるに。

一、鍛鋼は鑄鋼より一般に抗張力及延伸率大なり殊に硬鋼に於て然り此の事實は次のことを示す
即ち鋼は鍛鍊に依りて其の品質を優良ならしむることを得るものにして硬鋼は軟鋼より其の

程度大なり。

二、第八表は同一鋼塊より得たる同一群に屬する試験片の最大及最小抗張力の差を示す、右に依れば第一回試験に於ては鑄鋼は其の差一・一七疋より三・二五疋に亘れとも、鍛鋼は僅に〇・七四疋より一・〇一疋にして鑄鋼に比し其の差著しく小なり第二回試験に於ても然り、唯住友の成績の少しく例外なるは鍛鍊仕業に多少の缺點ありたるものと認めらる、此の事實は鑄鋼は其の品質鍛鋼に比して異なるを示す、換言すれば鋼は鍛鍊によりて其の品質を或程度迄均一に爲し得ることを示す、次に硬鋼は軟鋼より其の差大なれとも抗張力に對する差の割合は軟中、硬とも殆同一なり。

三、軟化作業の適否及其の影響につき判斷すべき記録を得さりしは遺憾なり、第一回試験に於て鑄鋼及鍛鋼を同一爐に於て同一軟化作業の施行方を依頼せしは仕業の簡單なる爲なりしも後述の如く理論上兩者に對する軟化溫度及時間を異にし以て各自の最も優良なる状態に於て比較することの合理なるを思ひ第二回試験に於ては兩者を各別に軟化し且鑄鋼及鍛鋼とも第一の軟化に於ては最大抗張力、第二軟化に於ては最大延伸率を有すべき様依頼せり。

前述せる如く本試験の目的は鍛鍊によりて鋼の品質か如何に變化するかを研究するにあるを以て鑄鋼及鍛鋼の到達し得べき最良の状態を比較せざるへからず、然れとも最良の状態なる意義は不明にして使用目的により多少延伸率を犠牲とするも、抗弱力の大なるを希望する場合と、抗張力を多少減しても延伸率の多きを希望する場合あるを以て兩極端なる場合即ち最大抗張力及最大延伸率を有する様軟化したる状態を比較せは使用目的に依る兩者比較の標準を得るならんと思考せり、然るに第七表記載の如く十分なる成績を得さりしは遺憾なり、唯第二試験は第一試験に比し鍛鍊すべき斷面積の比大なるを以て鍛鍊の効果著しき筈なるに其の成績寧ろ

反對の結果を示せるは、鍛鍊及軟化作業の鋼の品質に及ぼす影響の一端を知る資料たるへし。
 四、鐵道院に於ては車軸及ロッド材の如き鍛成材の鋼塊より直接プレス又はハンマーを以て鍛成する場合に鋼塊の斷面積は鍛成材の平均斷面積の四倍以上たるへく鋼塊より鋼片を壓延し更に鍛成材を鍛鍊する場合には鋼片は鍛成材の平均斷面積の二倍以上たるへく鋼塊は更に鋼片の四倍以上の斷面積を有すへきやう規定せらる、第一回試験に於て鍛鍊すへき斷面積を四分の一とせしは本規定を參考とし定めたるものなり。

鍛鋼の鑄鋼に比して其品質良好なるは、從來既に唱導せられたる所にして我鐵道車輛に於ても車軸、クランクピン、ロッド材料の如き重要品は鍛成材を使用すへき規定にして鋼塊及鋼片と鍛成材との斷面積の比は前述の如し、獨逸の車軸材料亦同様の斷面積を指定す。
 然るに鍛鍊すへき斷面積の割合か鋼の品質に如何なる影響を與ふるかに就ては從來餘り發表せられたるを聞かず、第二回試験に於て斷面積の比を九分の一に増加せしは多少其の間の關係を求めたき目的なりしも十分なる成績を得ざりしは遺憾なり。

結 論

以上の試験成績によれば大體に於て鍛鋼は鑄鋼より抗張力及延伸率大なり屈曲、打撃、繰返し等の試験成績は如何なるへきか不明なれとも、單に抗張力及延伸率のみに就て言へば、兩者の差異は比較的僅少にして普通の場合に於ては左程考慮すへき程度のものにあらず、故に適當に鑄造され且軟化されたる鑄鋼は鍛鋼と同様使用し得へきものにして、船舶のスタンフレイム、ラッダーポストは、殆ど鑄鋼製にして、近來クランクのウェーブにも鑄鋼を使用せらるゝに至れり。

然れとも鑄鋼は鍛鋼に比し幾多の缺點を有し抗張力及延伸率に於て大なる差なきも尙重要部分品に對し鑄鋼を使用するに躊躇せしむ左に其の缺點を列記すれば。

一、鑄鋼は巢孔、窩等の機械的缺點を有す。

之は適當なる鑄造法により或範圍内まで避くることを得れとも全く防止すること能はさるへしされと用途に應し落下試験其の他適當なる方法を以て其の安全を確認せは實地使用には差支なかるへし。

巢孔、窩等は鍛鍊により或程度まで之を緩和し得れとも尙ラミネーション、シーム又はパイプとして鍛鋼中に存在することあり。

二、鑄鋼は其の成分、性質均等ならず。

鋼の凝固するや先づ熔融點高き鐵分より始め不純物多きものは最後に至りて凝固す、炭素は其の後最初に凝固せし鐵分中に多少撒布すれとも燐化物、硫化物等は其の儘殘留するを以て各部の配合均一ならずして所謂分離(セグレーション)を生ず且冷却一樣ならざる爲め其の性質均等を缺く、本試験に於ても前述の如く鑄鋼は鍛鋼に比し著しく其の性質の不同なるを示せり。

三、鑄鋼は粒(グレイン)粗大なり。

鑄鋼の粒の粗大なるは左記による。

(1) 熔融狀態より徐々に且靜かに冷却せる爲めオーステナイト粒の成長を來し従てパーライト粒粗大なり。

(2) 上限及下限の臨界點の間に於て徐々に冷却せる爲めフェライトの析出最大量に達し且フェライト粒の粗大を來し以て組織粗となれり。

四、鑄鋼は粒の境界直線的なる傾向あり。

鑄鋼の冷却さるときフェライトの析出に三の方法あり。

(1) オーステナイト粒の境界に沿ふて析出さるゝ場合。

(2) オーステナイトのクリベージ面の間に析出さるゝ場合。

(3) 一部は粒の境界に沿ひ一部はクリベージ面の間に析出さるゝ場合。

而して短時間低温度に熱せられ臨界限を徐々に冷却さるゝときは(1)の状態となれども、長時間高温度に曝され比較的臨界限を早く冷却したるものは(2)或は(3)の場合となる、鑄鋼は熔融温度に近き高温度より冷却さるゝ故徐々に冷却さるゝも尙粒の境界直線的となる傾向を有す。

三及四項の鑄鋼の鍛鋼に比し抗張力及延伸率の小なる原因なり。

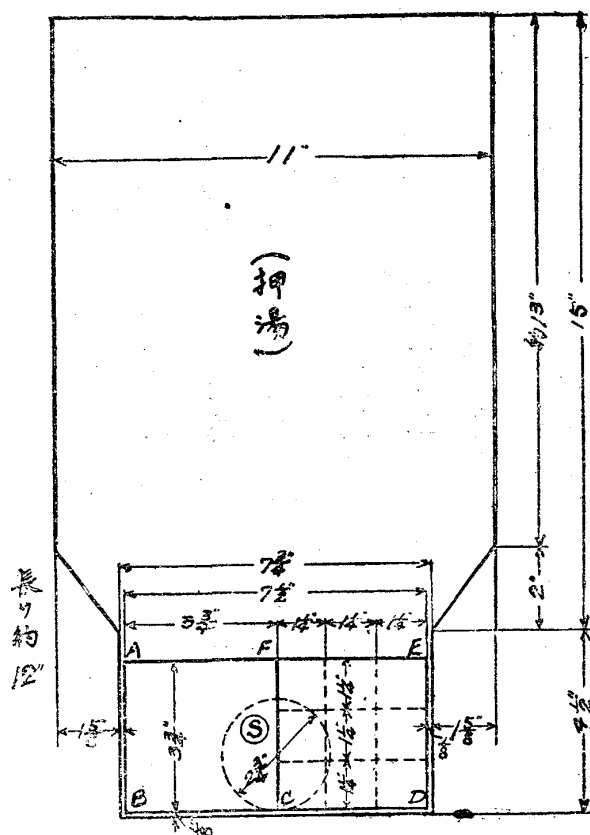
五、鑄鋼は軟化温度高く且長時間を要す。

前述せる如く、鑄鋼は粒粗大にして且其の境界直線的なるを以て、鍛鋼より高温度に熱するか又は長時間熱せさるゝへからず、従て粒粗大となり品質を害す。

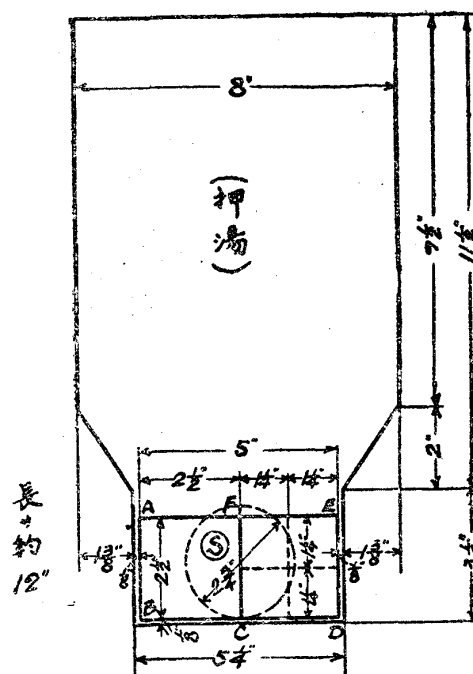
以上の缺點は鍛錬によりて殆と緩和さるゝを以て鍛鋼は鑄鋼に比し、其の品質優良なること前記成績の示す如し。

次に軟化作業の適否及其の影響、鍛錬すべき断面積の割合と鋼の品質の變化に就て何等結論を得ること能はさりしは遺憾なれども多忙なる作業を繰合せ試験を施行せられたる前記各會社に對しては厚く謝意を表す。

第二圖。



第一圖.



鑄造試驗鋼塊斷面圖

鐵
と
鋼
第
四
年
第
十
二
號

表 一 第

試驗施工所	施行月日	材 質	符 號	鑄 鋼		鍛 鋼	
				抗張力 延/平方呎	延伸率 %	抗張力 延/平方呎	延伸率 %
川崎造船所	大 正 五 年 三月二十六日	軟	A ₁	46.02	28.6	48.82	25.3
同	同	同	A ₂	48.02	25.3	48.02	28.0
同	同	同	A ₃	47.57	26.7	48.35	26.7
同	同	同	A ₄	47.46	25.6	48.35	27.3
			平 均	47.27	26.6	48.38	26.8
同	同 年 四月二十七日	中	B ₁	51.81	22.3	53.76	22.7
同	同	同	B ₂	52.59	25.0	53.20	24.7
同	同	同	B ₃	53.31	24.0	52.09	※ 17.2
同	同	同	B ₄	52.14	24.8	53.94	22.3
			平 均	52.46	22.8	* 53.63	* 23.2
同	同 年 四月二十七日	硬	C ₁	51.19	21.0	53.87	25.7
同	同	同	C ₂	54.15	19.7	54.43	21.3
同	同	同	C ₃	53.28	25.2	54.15	23.3
同	同	同	C ₄	53.48	21.7	54.71	21.7
			平 均	53.02	21.9	54.27	23.0

一二七六

備考
※試験片は鐵道院基本材料に一部缺點あり。
* は材料に一部分を除きたる平均なり。

不明
軟化作業
川崎本社工具工場内にて施行す。
瓦斯爐に點火し一時間十分の後爐床七百度(攝氏)になるに及び試験片中硬十六本を同時に同一爐中に入ると二時間十分を経過て八百度(攝氏)に達し其溫度を二時間十分維持し後瓦斯の供給を減し溫度を降下せしめ二時間後全く供給を止め爐を自然に冷却せしむ、而して十七時間後試験片に手を觸るゝことを得るに至り試験片を爐中より取出せり。

軟鋼にする軟化作業は不明なり。

軟化作業 不明

試験施工所	施工月日	材質	符 號	鑄 鋼		鍛 鋼	
				抗張力 kg/平方mm	延伸率 %	抗張力 kg/平方mm	延伸率 %
住友鑄鋼所	大正五年 二月二十九日	軟	A ₁	45.83	23.3	47.72	24.0
同	同	同	A ₂	47.55	22.0	48.46	22.7
同	同	同	A ₃	46.99	23.3	48.56	22.7
同	同	同	A ₄	46.47	24.0	47.70	23.3
			平 均	46.71	23.1	48.11	23.2
同	同	中	B ₁	51.92	22.0	51.28	25.3
同	同	同	B ₂	52.39	18.7	51.84	25.3
同	同	同	B ₃	50.78	20.7	50.94	25.0
同	同	同	B ₄	50.19	21.7	51.07	25.3
			平 均	51.32	20.8	51.28	25.2
同	同	硬	C ₁	55.58	15.3	57.46	21.0
同	同	同	C	56.02	15.0	58.37	20.7
同	同	同	C ₃	57.44	10.0	57.84	21.3
同	同	同	C ₄	54.34	14.7	58.32	22.5
			平 均	55.85	13.7	57.75	21.4

分析

	C	mn	P	S	Cu	si
A	0.210	0.68	0.063	0.031	0.097	0.32
B	0.228	0.78	0.069	0.015	0.166	0.31
C	0.375	0.76	0.064	0.030	0.051	0.27

分析及軟化作業不明

試験施工所	施工月日	材質	符 號	鑄 鋼			鍛 鋼		
				彈性界限 kg/平方mm	抗張力 kg/平方mm	延伸率 %	彈性界限 kg/平方mm	抗張力 kg/平方mm	延伸率 %
神戸製鋼所	大正五年 五月十日	軟	A ₁	33.93	49.71	21.3	30.81	50.85	22.0
同	同	同	A ₂	28.57	50.82	24.0	30.49	51.23	20.6
同	同	同	A ₃	32.06	52.29	19.6	30.98	51.74	20.6
同	同	同	A ₄	30.45	52.09	19.6	30.77	51.13	22.0
			平 均	31.25	51.22	21.1	30.76	51.24	21.3
同	同	中	B ₁	31.24	50.37	20.6	31.56	51.34	21.6
同	同	同	B ₂	31.00	51.04	19.6	32.16	51.91	22.6
同	同	同	B ₃	33.66	52.73	17.4	32.40	52.08	22.0
同	同	同	B ₄	32.00	50.92	20.6	31.18	52.35	21.6
			平 均	32.47	51.26	19.9	31.83	51.92	22.0
同	七月二十六日	硬	C ₁	—	53.58	12.0	—	58.65	46.0
同	同	同	C ₂	—	55.33	18.7	—	58.74	20.0
同	同	同	C ₃	—	57.21	18.7	—	57.94	18.0
同	同	同	C ₄	—	57.49	16.0	—	58.14	18.0
			平 均	—	57.15	15.1	—	58.37	18.0

第 二 表

第 三 表

第 四 表

試験施工所	材 質	鑄 鋼		鑄 鋼		鍛 鋼 一 鑄 鋼	
		抗張力 延/平方寸	延伸率 %	抗張力 延/平方寸	延伸率 %	抗張力 延/平方寸	延伸率 %
川崎造船所	軟	47.27	26.6	48.38	26.8	+1.11	+0.2
住友鑄鋼所	同	46.71	23.1	48.11	23.2	+1.4	+0.1
神戸製鋼所	同	51.22	21.1	51.24	21.3	+0.02	+0.2
	平 均	48.4	23.6	49.24	23.8	+0.84	+0.2
川崎造船所	中	52.46	22.8	53.63	23.2	+1.17	+0.4
住友鑄鋼所	同	51.32	20.8	51.28	25.2	+0.04	+4.4
神戸製鋼所	同	51.26	19.6	51.92	22.0	+0.66	+2.4
	平 均	51.68	21.1	52.27	23.5	+0.59	+2.4
	住友を除きたる 平 均	51.86	21.2	52.78	22.6	+0.92	+1.4
川崎造船所	硬	53.02	2.19	54.27	23.0	+1.25	+1.1
住友鑄鋼所	同	55.85	13.7	57.75	21.4	+1.9	+7.7
神戸製鋼所	同	57.15	15.1	58.37	18.0	+1.22	+2.9
	平 均	55.34	16.9	56.80	20.8	+1.46	+3.9

第 五 表

試験施工所	施 工 月 日	材 質	符 號	鑄 鋼		鍛 鋼	
				抗張力 延/平方寸	延伸率 %	抗張力 延/平方寸	延伸率 %
住友鑄鋼所	七月二十一日	中	E ₁	42.88	27.0	47.71	23.7
同	七月二十六日	同	E ₂	45.79	26.7	45.38	23.7
同	同	同	E ₃	45.53	端切 21.3	47.88	24.1
同	同	同	E ₄	45.73	25.0	47.45	25.3
同	同	同	E ₅	42.95	23.5	46.26	23.0
同	同	同	E ₆	45.53	27.9	47.93	23.0
同	同	同	E ₇	42.62	巢 18.3	47.68	25.3
同	同	同	E ₈	45.14	27.0	47.28	26.0
同	同	同	E ₉	43.58	25.7	48.55	24.7
		平 均 (7を除く)		44.64	25.5	47.35	24.3

分析

—	C	mn	P	S	SI	Cu	—
—	0.202	0.62	0.062	0.039	0.27	0.172	—

軟化作業 鑄鋼 燒鈍溫度約九百五十度(攝氏)に熱し反射爐中に置くこと一時間にして取出し爐中にて徐々に冷却せり。

鍛鋼燒鈍溫度約八百五十度(攝氏)に熱し反射爐中に置くこと三十分間にして取出し空氣中にて冷却せり。

第六表

試験施工所	施工月日	材 質	符 號	鑄 鋼		鍛 鋼	
				抗張力 延/平方耗	延伸率 %	抗張力 延/平方耗	延伸率 %
川崎造船所	大正五年七月二十二日	中 同	D ₁	57.10	21.3	56.16	24.7
同	同	同	D ₂	53.76	21.3	55.82	22.7
同	同	同	D ₃	54.78	18.7	55.43	24.0
同	同	同	D ₄	52.92	19.7	55.48	23.3
同	同	同	D ₅	54.70	22.3	54.93	24.3
同	同	同	D ₆	56.16	22.7	55.60	22.7
同	同	同	D ₇	57.55	22.7	55.32	24.0
同	同	同	D ₈	55.10	22.7	55.48	22.0
同	同	同	D ₉	55.99	24.0	56.96	24.7
同	同	同	平 均	55.34	21.7	55.69	23.5
同	同	同	E ₁	51.36	21.3	56.38	22.0
同	同	同	E ₂	51.74	24.7	53.76	23.3
同	同	同	E ₃	54.20	25.3	53.09	21.3
同	同	同	E ₄	51.95	24.3	51.65	24.0
同	同	同	E ₅	53.09	24.0	52.76	25.0
同	同	同	E ₆	54.39	25.3	54.04	22.7
同	同	同	E ₇	56.78	27.3	53.81	24.0
同	同	同	E ₈	54.10	24.0	13.31	22.7
同	同	同	E ₉	55.60	25.6	55.32	22.7
同	同	同	平 均	53.69	24.6	54.12	23.1

第七表

試験施工所	材 質	鑄 鋼		鍛 鋼		鍛 鋼	
		抗張力 延/平方耗	延伸率 %	抗張力 延/平方耗	延伸率 %	抗張力 延/平方耗	延伸率 %
川崎造船所	1	55.34	21.7	55.69	23.5	+0.35	+0.16
同	2	53.69	21.6	54.12	23.1	+0.43	=1.5
住友鑄鋼所	同	44.64	25.5	57.35	24.3	+2.71	-1.2
同	平 均	51.22	23.9	52.39	23.6	+1.17	-0.3

第八表 同一群の抗張力の差

試験回数	施行工場名	品 質	鑄 鋼	鍛 鋼
			Kg/□ m.m	Kg/□ m.m
第 一 回	川 崎	軟	2.00	0.80
	同 同	中	1.17	0.74
	同 同	硬	3.04	0.84
	住 友	軟	1.68	0.86
	同 同	中	2.20	0.90
	同 同	硬	3.10	0.91
	神 戸 製 鋼	軟	2.58	0.89
第 二 回	同 同	中	2.36	1.01
	同 同	硬	3.25	0.80
	川 崎 1.		4.63	2.03
	同 2.		5.41	3.92
	住 友		2.91	3.17

分析不明
瓦斯作
五點
十八本
温度二
して自
を自然
に冷却
せしむ
て前者
と同一
温度を
降下し
て十八
本に二
度始め
瓦斯爐
の温度
及經過
は八百
度に及
び前記
の施行
を
め十五
時間後
試験片
に手を
觸る事
を得る
に至り
て該片
を爐中
より取
出す。

鑄鋼と鍛鋼との抗張力試験成績に就て