

試験片寸法と延伸率の関係

其一、鍛鋼及鍊鐵

一、緒言

本報告は曩に報告した鑄鋼の場合（本誌、大正十二年十二月號六八七頁）に引續き鍛鋼及鍊鐵の場合を實驗したものである。

鍛鋼及鍊鐵の現行試験片及工業品規格統一調査會で決定した旨新標準、試験片の主要寸法は第一表の通である。但し本表中 I は標點距離、 p は平行部長、A は断面積を表はして居る。

逸の製鋼爐のことと詳しく述べて御説明になり、殊に最後の結論になりますと云ふと
啻に御發表になつたのみならず尙ほ日本の國情の立場から日本の此製鐵事業、製
銅事業に對して洵に御親切な御忠告があつたやうに承知いたして居ります、洵に
日本の冶金家の一人と致しまして、私一己と致しましても洵に感謝する次第でござ
ります、どうかヴキルチエツク博士の指導されて居る大同電氣製銅所は段々技
術上御進歩であらうと思ひますが、之を受繼がれて日本の全體の爲に、日本全
體の電氣製銅業の發達と云ふことが出來ましたならば大變幸であります、今晚は
大變に御有益なる御講演を下されまして、御賛成を得ましてヴキルチエツク博士
及び小林君に御禮を申上げたいと思ひます。(一同拍手)

第一表

吾國で海軍以外の諸官廳では英、佛又は獨國の標準寸法が多く用ひられて居る。且つ鑄鋼と鍛鋼に對する試驗片形狀は一般に同一であるが、只海軍の造船及航空機關係では違つた寸法を用ひて居る。

第二素

	試験片	相 當	延 伸	率 %
英	四・〇〇	一五・〇	二〇・〇	二五・〇
米	四・四七	一三・九	一八・七	二三・五
佛	八・一八	九・二	一三・一	一七・〇
新 票 準 試 驗 片	一七・〇	二〇・八	二四・七	

前表 1 の値を比較すると海軍造機及英標準試験片は吾新標準試験片と同一の延伸率を呈すべく又造兵試験片も之に近似の延伸率を呈すべきであるが、造船及航空機兩試験片は新標準試験片とは大に異なる延伸率を與ふべきである。又航空機試験片は佛標準試験片と平行部長は僅に異なるが他は同一の寸法を有して居る。本研究に於て吾々は主として海軍造船試験片の延伸率を新標準試験片の場合に換算することを研究した。

二、文献及其應用

鐵鋼試験片の延伸率換算に関する記述 (Int'l. Col. C. F. Jenkin: Report on Materials of Construction used in Aircraft and Aircraft Engines. Aeronautical Research Committee, 1920) 及ムリーリー (J. H. G. Monypenney The Engineer, Aug. 26, 1921, p. 220) の研究がある。特記せんが、これらの結果を基に、延伸率換算式を考へて見やう。

(ア) ハーヴィン氏の実験式

今 S_e , S_f 及 S_a を夫々英、佛及米標準試験片の延伸率とする。ハーヴィン氏は次の実験式を求めた。

$$S_e = 1.085 S_n + 3.3$$

表にすぐとが出来る

Committee, 1920) 及^ム J. H. G. Monypenney (The Engineer, Aug. 26, 1921, p. 220) の研究がある。茲に其の概要を述べ、之を油々の場合に應用するか否かを考へて見よう。

第一表より知られる通り吾新標準試験片と英標準試験片とは $\frac{1}{A}$ が殆ど等しいから(B)式は又海軍造船及吾新標準兩試験片の延伸率關係を表はすし(A)の第一式は海軍航空機と新標準兩試験片の延伸率關係を表はすものと考へることが出来る。

$$\left. \begin{aligned} S_f &= 0.77(S_e - 3) \\ S_a &= 0.96(S_e - 0.5) \\ S_u &= 1.25(S_f + 1.9) \end{aligned} \right\} \quad \text{... (A)}$$

今右の關係から吾海軍造船試験片と英標準試験片の延伸率

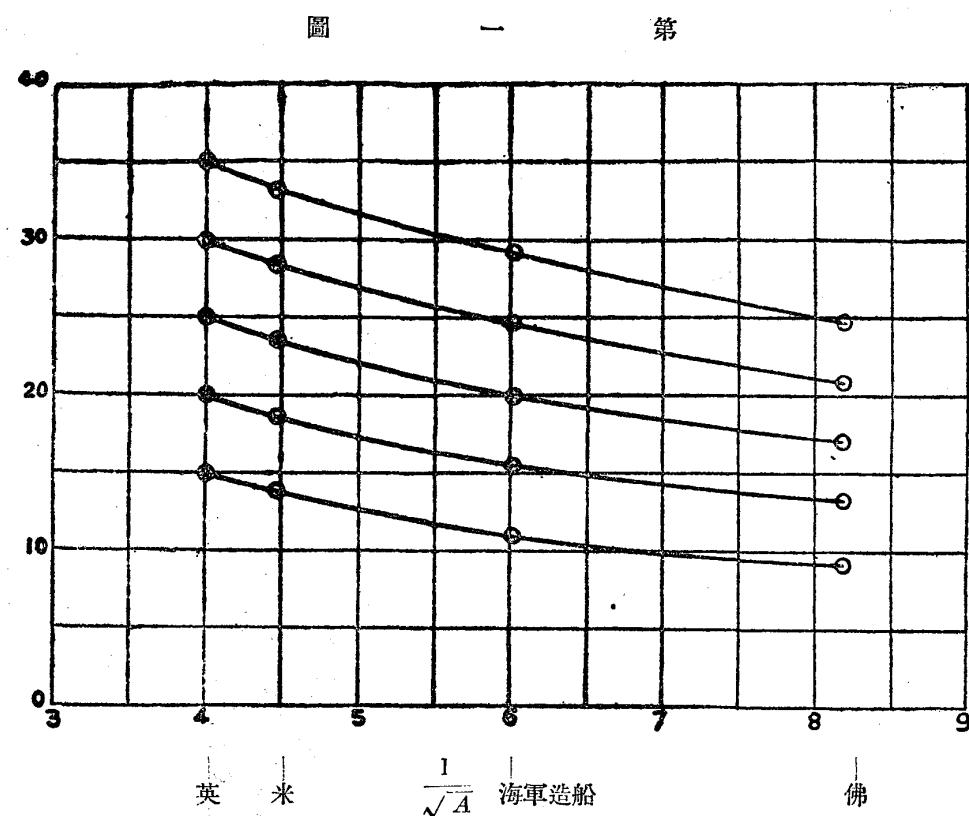
モニーベニーフ氏は直徑一吋乃至二吋の様な小型の壓延した各種炭素鋼及合金鋼を採り壓延狀態、標準化した狀態及焼入後焼戻した状態のものから標點距離八吋、直徑〇・五六四吋

の試験片を作り其上に試験前一時毎に標點を打ち牽引破断後種々の標點距離に對する延伸率を求めた。斯様にして同氏は延伸率換算の點から考へて鋼は一般に次の二種類に分けること

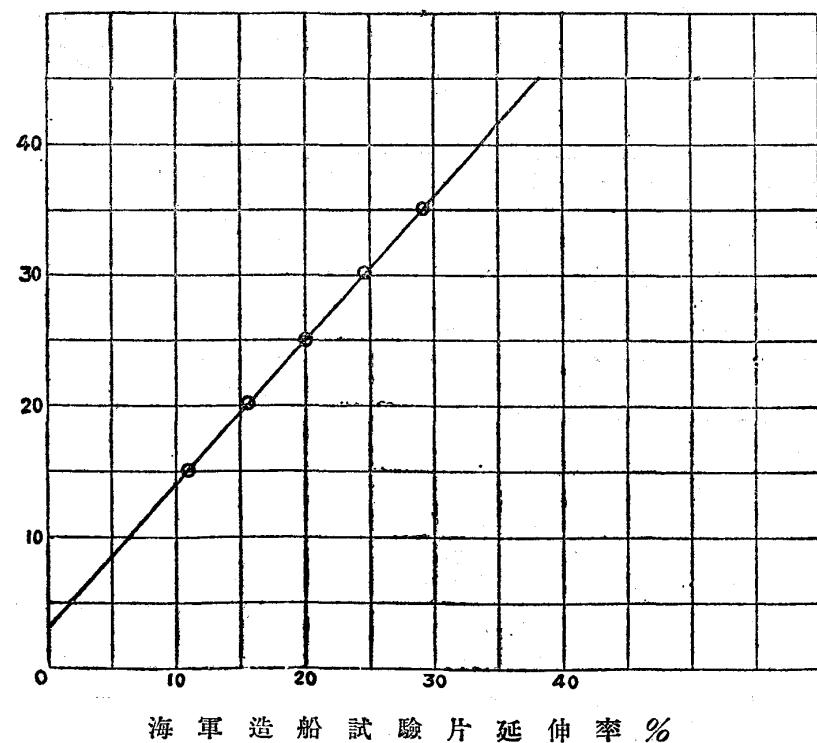
とが出來ることを認めた。

a、標準化又は壓延狀態に在る炭素鋼及セルフハーデンし

試験片寸法と延伸率の關係



第二圖 第二

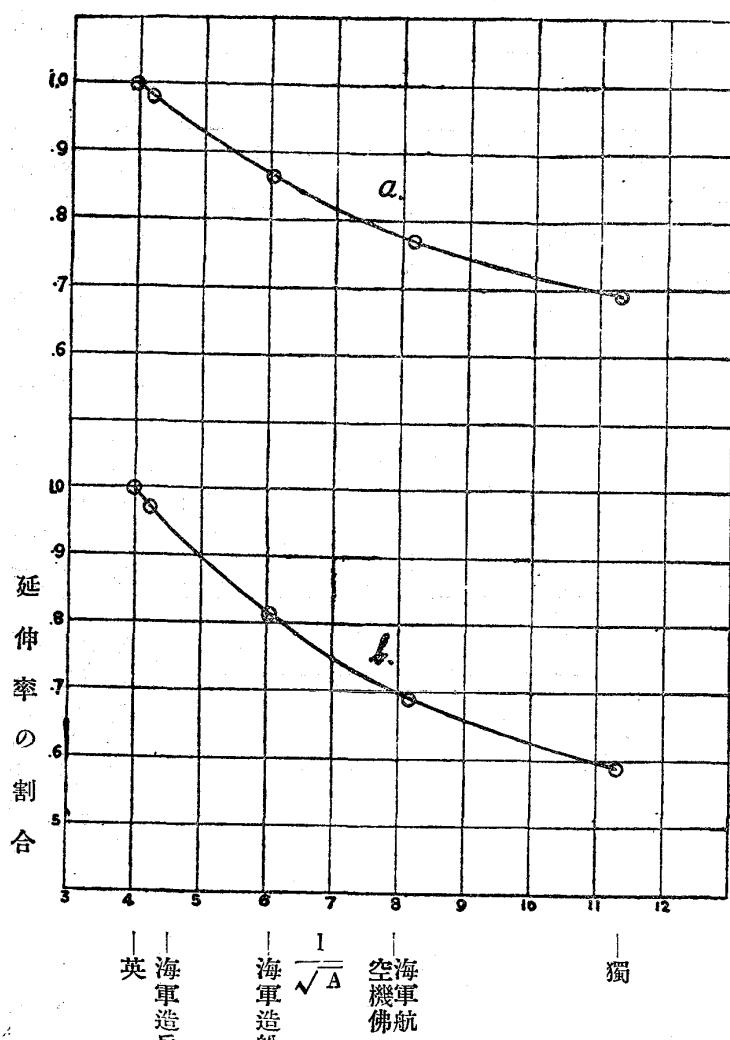


伸率を基準とする同氏の求めた英、佛及獨標準試験の延伸率の割合は第三表の通である。

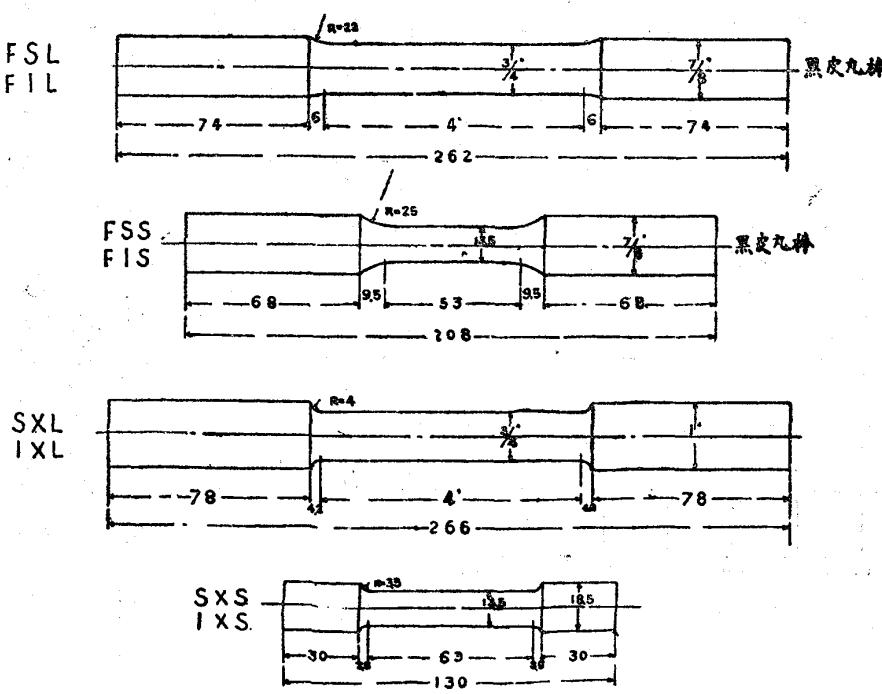
第三表

ない合金鋼
b、焼入後焼戻した状態に在る炭素鋼及合金鋼
而して右各種の中では換算率は殆ど一定であるがa、b兩種の間では大に違つて居ることを見た。今英標準試験片の延

圖三 第



圖四第



a. (標準化又は)
b. (焼入後)
右の成績を曲線で示すと第三圖の通であつて a, b 兩状態に於て $\frac{1}{A}$ の種々の値に對する換算率が得られる。

$\frac{1}{A}$	試驗片
1	獨
1-3	佛
8-1-8	英
4-0-0	試驗片
1-0-0	試驗片
0-7-7	試驗片
0-6-9	試驗片
0-5-9	試驗片

本研究に用ひた試験片は材料の鍛錬から旋削に至る迄すべて某工場で行はれたものを著者等が受取つた。材質は鍛鋼にて SX, SX の二種、鍊鐵にて FI, IX の二種がある。SX は攝氏

九〇〇度で鍛錬し七五〇度に焼鈍、爐中で冷却し IX は攝氏一二〇〇度で鍛錬し八〇〇度に焼鈍、爐中で冷却したとの事であるが、他の材質に就ては明かでない。試験片の形狀は第四圖に示す通で FS と FI, SX と IX は夫々同形で各材質に對し大小の二種がある。大試験片は前記造船試験片より平行部長が一時短いが之に近い形をして居り小試験片は造兵

試験片及新標準試験片に近似の寸法を有して居る。即ち此場合に於ても残念なことには大小の試験片が造船及新標準試験片と同形に作られて居なかつた。各試験片には前記材質の區別に従ひ大試験片には FSL, SXL, FIL, IXL の符號を附し小試験片には FSS, SXS, FIS, IXS の符號を附した。試験片の數は各符號に對し 10 本宛である。

試験片の化學分析は延伸率の測定後各符號に於て延伸率の値が成るべく異つて居る三本宛に就て施行した。其成績は第四表の通である。

第 四 表

	記 號	炭 素%	珪 素%	滿 個%	鎳%	硫 黄%	銅%
FSL 4	○・114	○・○三	○・七〇	○・○六〇	○・○一六	○・五六	
FSL 12	○・117	○・○三	○・七〇	○・○六五	○・○一六	○・六二	
FSL 14	○・115	○・○三	○・七一	○・○七〇	○・○三一	○・六五	
FSS 3	○・110	○・○一	○・七〇	○・○六〇	○・○一九	○・六〇	
FSS 4	○・117	○・○一	○・六八	○・○六一	○・○一九	○・六〇	
FSS 11	○・116	○・○二	○・六〇	○・○六四	○・○三〇	○・六〇	
SXL 2	○・113	○・一八	○・五四	○・○一五	○・○一四	○・一八	
SXL 5	○・110	○・一八	○・五五	○・○一五	○・○一一	○・一七	
SXL 20	○・111	○・一七	○・五六	○・○一五	○・○一〇	○・一五	
SXS 4	○・111	○・○三	○・七八	○・○三一	○・○一五	○・五一	
SXS 7	○・114	○・○二	○・七九	○・○五八	○・○一九	○・六六	
SXS 13	○・118	○・○二	○・七九	○・○一七	○・○三四	○・五八	
FIL 1	○・114	○・一七	○・○五	○・一一二	○・○〇三	○・〇三	
FIL 3	○・119	○・一八	○・○六	○・一一四	○・〇〇五	○・〇三	
FIL 15	○・117	○・一八	○・○六	○・一〇八	○・〇一	○・〇三	
FIS 3	○・114	○・一六	○・二七	○・〇八四	○・〇〇三	○・〇一	
FIS 4	○・113	○・一七	○・一九	○・一〇四	○・〇一	○・〇三	
FIS 17	○・113	○・一六	○・〇七	○・〇七六	○・〇〇一	○・〇三	

四、實 驗 方 法

大試験片 FSL, SXL, FIL, IXL には距離四吋、小試験片 FSS, SXS, FIS, IXS とは距離四八・二吋の標點を刻した。此標點距離と斷面積平方根の比は次の通である。

$$\left. \begin{array}{l} \text{FSL, SXL, } \\ \text{FIL, IXL} \end{array} \right\} \frac{1}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times (0.75)^2 = 6.02$$

造船試験片
と同比

$$\left. \begin{array}{l} \text{FSS, SXS, } \\ \text{FIS, IXS} \end{array} \right\} \frac{1}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times (13.5)^2 = 4.03$$

新標準試験
片と同比

前記の外大試験片には距離六八吋、小試験片には五〇・七吋の第二標點を刻した。此第二標點は次の如き意味を有するものである。

$$\left. \begin{array}{l} \text{FSL, SXL, } \\ \text{FIL, LXL} \end{array} \right\} \frac{1}{\sqrt{A}} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times (19.05)^2 = 4.03$$

新標準試験
片と同比

$$FSS, SXS, \left\{ \frac{1}{V A} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times (13.5)^2 = 50.7 \right. = 4.23 \text{ 造兵試験片}$$

$$FIS, IXS \left\{ \frac{1}{V A} = \sqrt{\frac{\pi}{4}} \times (13.5)^2 = 50.7 = 4.23 \text{ と同比} \right.$$

前記の外更に大試験片には其標點距離四吋を八等分し小試験片 SXS, IXS には標點距離四八・二耗を八等分した多數の標點を副刻した。

標點を記すに目盛器を用ひたこと、オルセン試験機で毎分約一・二耗の速度で牽引した事等鑄鋼の場合と同様である。

五、機械的性質

試験材料の一般機械的性質は第五表乃至第十二表の通である。彈性限、抗張力及斷面收縮率に於て各二〇個の試験片を通じ比較的等齊な成績を呈したのは SXL 及 SXS であつて其他には可なり相違した成績を呈したものも少くない。又 FS 及 FL は彈性限及抗張力の平均値に於て各大小試験片の間に大差がない。

猶鍛鐵試験片には主として其中心を通じて縦割を生じたものが多くの試験片各二〇個の内 FIL に九個、FIS に六個、IXL に四個、IXS に七個あつた。

延伸率に關しては以下別に之を詳記することとする。

第五表

抗張試験成績表

No.	直徑 mm	彈性限 Kg/mm ²	抗張力 Kg/mm ²	FSL	直標點距離 19.05mm.	直標點距離 68mm.	斷縮率	破斷面積試験片位	破斷面積	破狀
一	15.0	15.0	15.0	44"	—	—	—	—	—	—
二	15.0	15.0	15.0	15.0	—	—	—	—	—	—

抗張試験成績表

No.	直徑 mm	彈性限 Kg/mm ²	抗張力 Kg/mm ²	FSS	直標點距離 13.5 mm.	直標點距離 48.2 mm.	斷縮率	破斷面積試験片後位	破斷面積	破狀
一	15.0	15.0	15.0	48.2 m	—	—	—	—	—	—
二	15.0	15.0	15.0	50.7 m	—	—	—	—	—	—

備考 No.6 は異常の成績を呈したるを以て平均値算出を省く、尙破断面は標點上に在り。
No.6 の外延伸率欄 68mm に對する延伸率の記入なきは總て標點外切斷のものとす。
破断面状況の欄 IC は不完全壘状、Sh は剪断状、又 FG は細粒、R は放射状、SR は半放射状組織を表はす。

— No.

第七表

直 徑 mm	19.05mm.
彈性限 Kg/mm ²	101.6mm.
抗張力 kg/mm ²	SXL 直 標點距離
伸長率 %	4"にて
斷縮面率 %	68 mm にて
破斷面位 置試驗片 中心より	IC. G
收縮率 %	KO
原長 mm	14

備考 破断面位置は 48.2mm 標點の試験後の距離を 103 とし、一端の標

破断面状況の図16は不完全壊死、Fig. は細粒組織を表はす。

二一八一七六五四三二一〇九八七六五四三二

二一八七六五四三二一〇九八七六五四三二

抗 張 試 驗 成 績 表

鋼種	SUS	直標點距離	直徑
鋼	13.5 mm.	48.2 mm.	
試驗片位	破斷面積	斷面率%	延伸率%
原長mm	中心より	面率%	伸長m
收%	試驗置中	斷縮	48.2 m
IC, G	面況	伸長	mにて
kg	破的	伸長	mにて
Kg/mm ²	彈性限	抗張力	kg/mm ²
mm	直徑	直徑	mm

備考 破断面の状況の欄Cは盃狀、ICは不完全盃狀、Gは粒狀組織を表
はす。

鐵
與
鋼
第
十
年
第
四
號

抗張試驗成績表

のとす。

破断面の状況欄 IC は不完全孟状、G は粒状組織を表はす。

一五四 三二二〇 八九七六五四三二一 No.

抗張試驗成績表

一九	三、四	二六、八	三、三	一六、三	一、一	一〇、	ク
二〇	三、四	二六、一	三、九	一五、一	一、〇	九	ク
平均	三、四	二六、三	三、九	一五、一	一、六	八	ク

破断面位置は 48.2mm. 標點の試験後の距離を 100 とし、一端の標點より破断面への距離の割合を表します。

破断面状況の欄 C は 益狀、D は 不完全益狀、E は Sb 剪断狀、F は 階段狀、G は 粒 組織を 表はす。

第十三表

(イ)造船試験片と新標準試験片との延伸率平均値の直接比較
第五表乃至第十二表に依り造船材料規格に關係ある大試験
片の標點距離四吋に對する延伸率平均値と新標準試験片に關
係ある小試験片の標點距離四八・二粁に對する延伸率平均値
を比較せば第十三表の通りである。

延伸率、断面收縮率及破断面の位置欄数字記入なきは縦割を生じ測定不能のものなり。

試驗片	同測定數	標點距離	A
材質	鍛鋼	FSL	一九
	SXS	SXL	四时
鍛	鋼	ISS	一一〇
			四八·二耗
一〇			四时
四八·二耗		六·〇二	一
四〇三		四·〇三	伸率%
三八·六		三二·三	平均延
一〇〇		三二·三	二〇·八
八三·五		六·〇二	割伸合
六四·三		四·〇三	延伸率

此兩規格試驗片延伸率平均値の直接比較は各種の材質が同一で試驗片完成に至るまでの種々の取扱も亦同一であつて延伸率の値も各種毎に等齊な結果を得た時に始めて有效である。然るに第五表乃至第十二表に就いて試驗片各個の延伸率を通覽すると著しい相違を呈して居て同種試驗片に於て甲の延伸率は乙の夫の三倍以上に達して居ることさへある、今各種に就いて最大最小を比較すると第十四表の通である。

第十 四 表

材質 試験片	最大延伸率%		最小延伸率%	
	FIL	SXS	ESL	SXL
鍛銅 ESL	三二・一	三五・八	二三・五	一〇・二
鍛銅 SXS	三五・六	四二・三	二七・四	一〇・二
鍛鐵 FIL	二六・九	三四・二	一三・一	一六・八
鍛鐵 IXL	三一・一	二四・〇	二〇・二	一〇・二
鍛鐵 IXS	三八・九			

又各試驗片の破斷面位置は第五表乃至第十二表に試驗片の原中央點よりの距離(原長)を耗概數で示してあるが一端に偏して切斷した者も少くない。此破斷面の位置は勿論延伸率に影響するし又鍛鐵に於ては發生した縦割も影響するであらうが同種試驗片各個の間の延伸率の相違は此等の原因に依るもの以上に大い。然るに前掲第十三表は斯様に不等齊な成績の以上に大い。然るに前掲第十三表は斯様に不等齊な成績の八耗標點内にあつたけれども破斷面が標點に接近して居る場

較をするのは適當ではないと思はれる。

前に記した化學分析及顯微鏡試料を探るに用ひた試驗片は第十四表に示した最大及最小延伸率を有してゐるもの及平均延伸率に近い値を有して居る試驗片である。

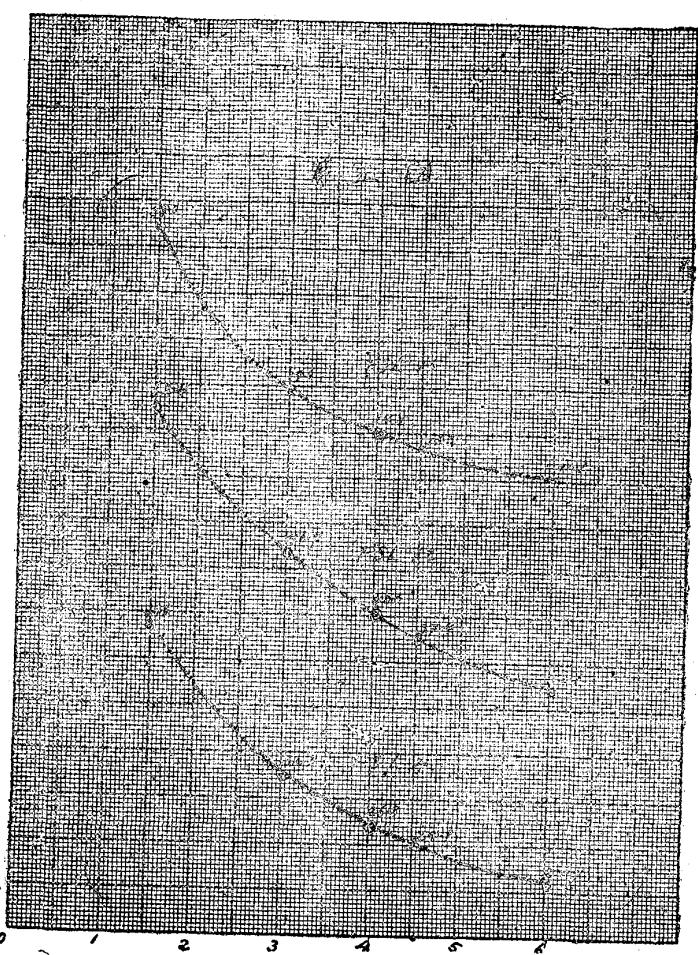
(甲)造船試驗片に關係する比較は大試驗片に就て四吋に對する延伸率と六八耗に對する延伸率を比較し(乙)造兵試驗片に關する方は小試驗片に就て四八・二耗に對する延伸率と五〇・七耗に對する延伸率を比較した。其試驗片各個に對する延伸率は第五表乃至第十二表に示された通りで其平均値を總括すると第十五表の通りである。

第十 五 表

分區	材質	試驗片	定數	標點	延伸率%		同割合
					FIL	SXS	
甲	鍛銅	SXS ESL	二〇	六八耗	一	一	一
	鍛鐵	FIL FIL	一六	四吋	二三・二	二三・二	二三・二
	鍛鐵	IXL IXL	一八	六八耗	二八・三	二八・三	二八・三
乙	鍛銅	SXS ESL	二〇	六八耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	七耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	五耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	四耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	三耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	二耗	一九・九	一九・九	一九・九
	鍛鐵	IXL IXS	一八	一耗	一九・九	一九・九	一九・九

合の延伸率は接近して居ない場合のものとは非常に異なるわけであるから六八耗に對する延伸率の平均値は充分に各種材料の延伸性を代表するものと見做すことが出來ない。且つ此場合に於ても前項同様不等齊な成績の平均値によつて換算率を求めたものであるから之を用ひるのは適當な換算方法と云ふ

に及ぼす此影響を無視してある。



其方法は鑄鋼の場合と同様にした。斯様に求めた値に依つて第五圖に示す様な延伸率と $\frac{1}{\sqrt{A}}$ の關係曲線が得られる。第五圖には例として只三本の試験片に對するものを掲げたが斯様な曲線が大試験片の各に就て得られる。此等の各曲線に就て $\frac{1}{\sqrt{A}}$ が四・〇三及六・〇二に對する延伸率を求めるに之が吾新標準及造船試験片の相當延伸率になる。此等兩延伸率を夫々縱横の軸に採れば第六圖の延伸率關係曲線が得られる。本圖に於て曲線 AB は鍛鋼及鍊鐵に對する諸點の平均曲線であつて之に依り延伸率の換算をすることが出来る。

又直線 CD は曩にシェンキンの公式から來めた(B)式に相當するものであつて曲線 AB と大約一致して居るが只 IXL に屬する諸點は全部本直線の下方に在るから曲線 AB の方が公平な換算値を與へるものと考へられる。以上本項の試験も亦試験片平行部長の延伸率に及ぼす影響を無視してある。

(乙)の場合を見ると造兵試験片と新標準試験片とは延伸率の差が極く少い。

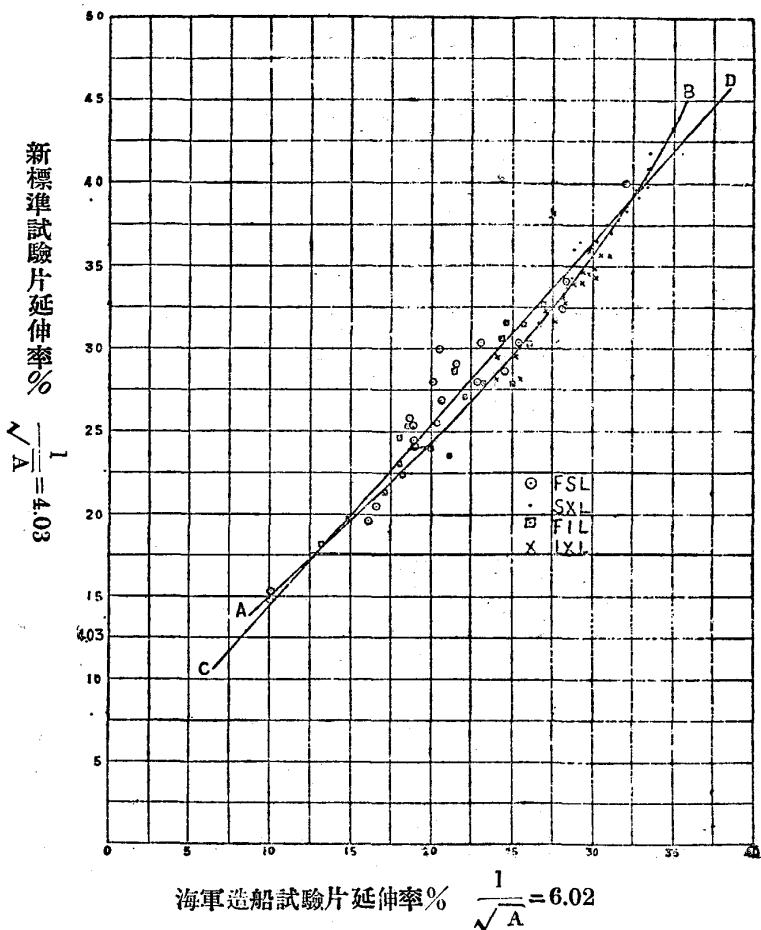
既に鑄鋼の場合にも述べた通り同一材質より成る試験片の直徑及標點距離が同一であつても、平行部長が違へば延伸率は異なるものである。本項の試験では試験片平行部長の延伸率

(二)前項各試験片に就て求めた兩種試験片延伸率の割合を求ること

造船及新標準兩試驗片延伸率の關係は第六圖の曲線ABで示す通りであるから兩試驗片延伸率の割合は延伸性の大小に依つて異なるわけである。故に鑄鋼の場合にも述べた様に延伸

率の換算をするのに延伸性の大小に拘らず同一の換算率を乗除する如き方法は宜しくない。けれども普通吾々の遭遇する様な延伸性の範圍に於て兩延伸率の割合は約何程であるかを知つて居ることは便利が多い。故に第六圖に示した各點に對

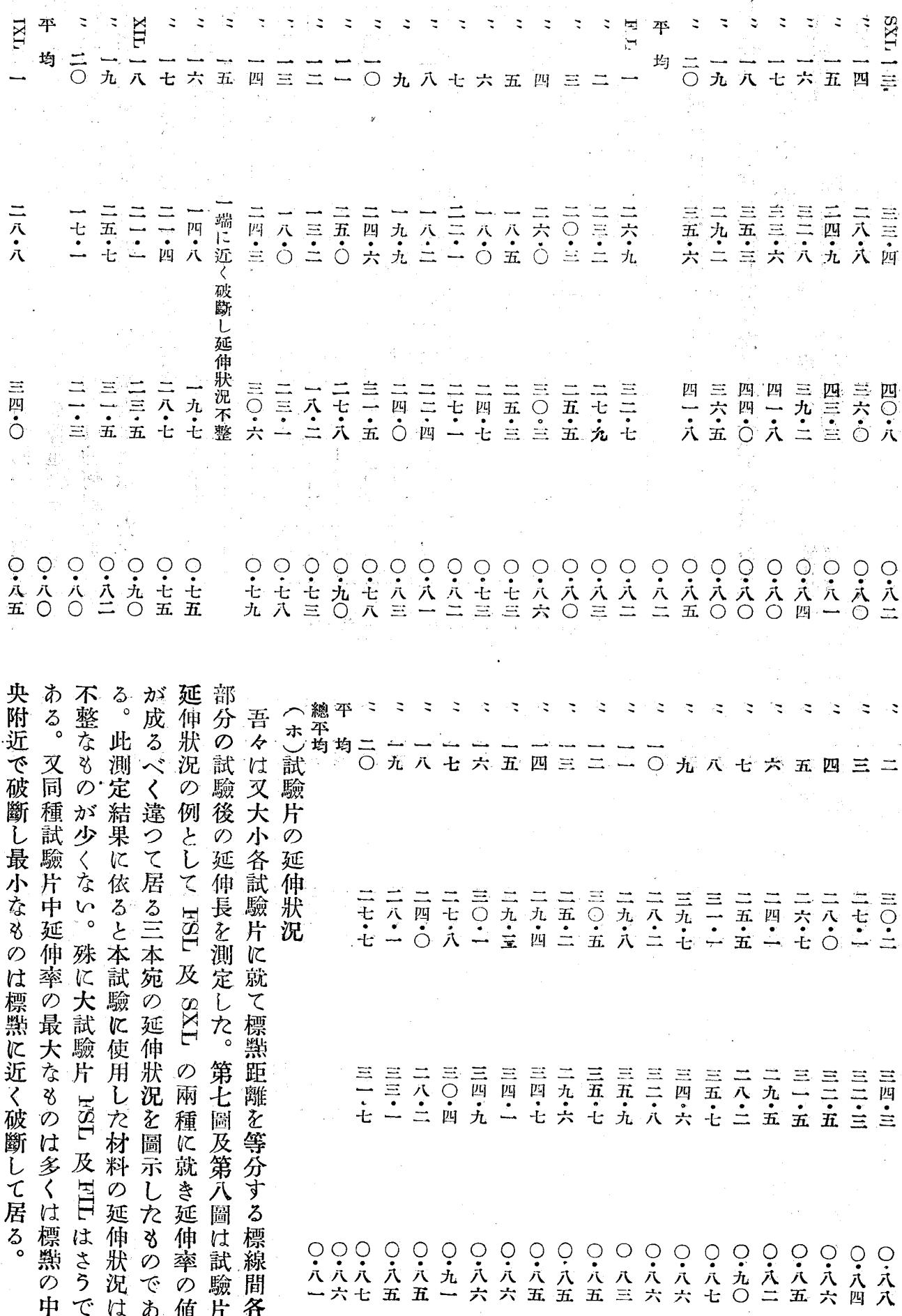
第六圖 鍛鋼及鍊鐵延伸率換算曲線



して延伸率の割合を計算して見た。之が第十六表である。

第十六表

試験片寸法と延伸率の関係

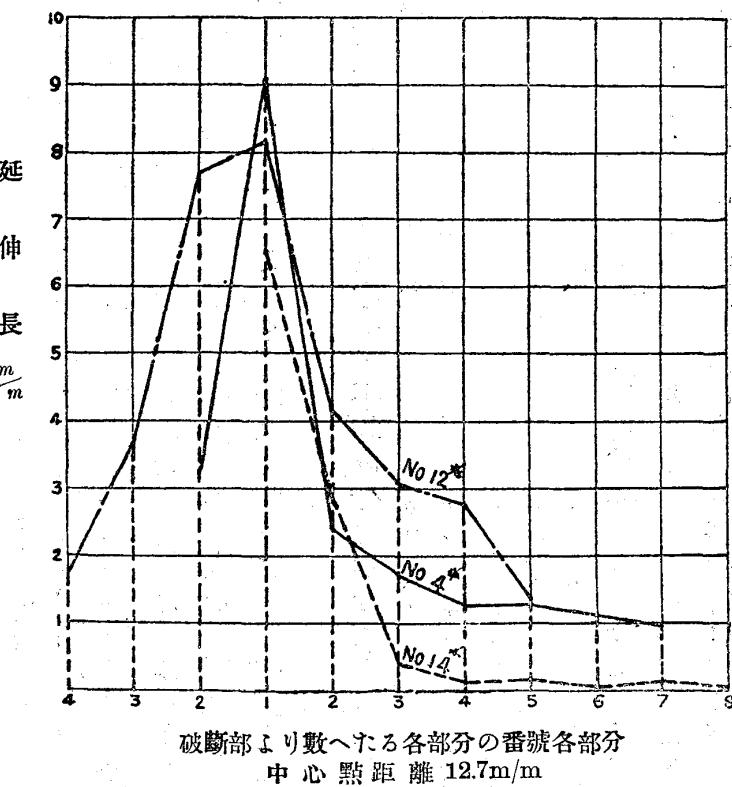


七、結論

以上試験の結果に依り造船試験片と新標準試験片延伸率の関係は第六圖の曲線ABに依つて示されるし造兵試験片と新標準試験片延伸率の関係は(図)に示す様に其差が極く少く後者の一に対する前者は〇・九七位である。

鍛鋼の場合にも平行部長の延伸率に及ぼす影響を考へなければならぬことは勿論である。此問題に就いては更に実験して他日報告する積りである。(終)

第七圖 等分線間の延伸状況 試験片三個(No. 4. 12. 14)



第八圖 等分線間の延伸状況 試験片三個(No. 2. 5. 20)

