

大型曲肱軸の鍛造法並に軸受部の振りに就て

(日本鐵鋼協會第 17 回講演大會講演 昭 12. 4)

原 於 菟 雄*

MANUFACTURE OF HEAVY CRANKSHAFTS AND TORSION
OF THE BEARING JOURNAL

Otto Hara

SYNOPSIS:—

(1) Heavy crankshafts forged from a 20t or heavier steel ingots are generally formed first in a simple shape and then machined for the remained most part of finishing. It entails therefore unfavorable phenomena such as goasts on the surface of pins and journals. For avoiding such defects, a forging method was suggested that consists in preparatory forging nearly into the approximate shape of pins and journals, lessening the goast on the surface to minimum and thinning the apparent goast to the least. A 25t steel ingot was used for the experiment.

(2) In order to ascertain if the torsion of the journal will decrease the strength of the material, a torsional strength and fatigue test was performed with a journal of about 300mm both in diameter and length for each 30° of the torsional angle from 0 to 120°. The result revealed that the spicemen under torsion up to 90° were found favorable in strength; and those under torsion up to 120° unfavorable, but still stands almost equal to the specimen without torsion.

緒 言

20t 或は夫以上の鋼塊から鍛造する大型曲肱軸は、其の成形が困難なため、一般には簡単な形状に鍛造し、大部分を機械工作で仕上げるやうにして居る。従てゴーストはピン及ジャーナルの表面に現れ、可惜工程の九分通りを完了したにも拘らず廢却となる場合が屢々ある。

蓋しピン及ジャーナルにゴーストの現出することが嫌はれる所以は、高速回轉中に其の個所で油膜を切り、従て摩擦による熱を生じ、内部歪を起して疲勞を促進するためである。

依てピン及ジャーナルの形状に近く鍛造し機械工作による成形を少からしめ、以て其の表面に現はれるゴーストを著しく輕減し、而も現はれたゴーストを極めて薄くする鍛造法を考究し、油粘土を用ゐて種々な模型實驗を行た。其の結果良成績を得る鍛造法を案出したがため、先づピン部に新鍛造法を施し之と従來の方法とを比較すべく 25t 鋼塊を用ゐる中央の一つを従來通りとし兩側の二つを新方法による 3throw の曲肱軸を試作した。然る後或は縦斷し或は横斷して鋼肉の流れ (flow) を觀察すると同時に、規格に基いて軸方向及之と直角をなす他の 2 方向より抗張及屈曲試験片をなるべく多數採取して、材力試験を行た。次でピン及ジャーナルに本鍛造法を施し而も所定寸法に成形し得るや否やを確めるために 20t 鋼塊を用ゐて 3throw

の曲肱軸を試作した。上記新鍛造法を施すときは、ピン及ジャーナルにゴーストの現れることを著しく輕減し得るや、鍛造後にジャーナルを所要角度だけ振らねばならない。若しも振ることが材力を低下するやうであるならば、假令ゴーストの表面現出を防止することが出来ても其の價値が減殺され大いに考慮を要することになる。而して振ることが果して材力を低下するか否かに就ても未だ明かでない。依て之を明瞭にするべく直径及長さ共に約 30mm のジャーナルに就て 0~120°まで 30°毎に振り其の各に就て材力及疲勞試験を行た。

I. 曲肱軸の鍛造法

(1) 従來の鍛造法 自動車及飛行機用の小型曲肱軸の鍛造は主として型鍛鍊であり之まで多數の研究結果が發表されて居るが、大型曲肱軸に就ては見るべきものが殆どない。最近 S. F. Dorey¹⁾ がセミビルト曲肱軸に關し興味ある鍛造法を發表して居るが、ソリッドホージの大型曲肱軸に就ては R. R. Wilhelm²⁾ が述べて居るやうな方法即ち第 1 圖に示す如くアームの所要寸法 (第 1 圖(b)) にまで鍛鍊した後機械工作で仕上げるか (第 1 圖(c₁)) 又は之を更に振下げて後機械工作 (第 1 圖(c₂)) で仕上げるかの 2 方法があるに過ぎない。従てゴーストは第 1 圖(b)) の状態に於ける儘で第 2 圖の如く走て居るのである。

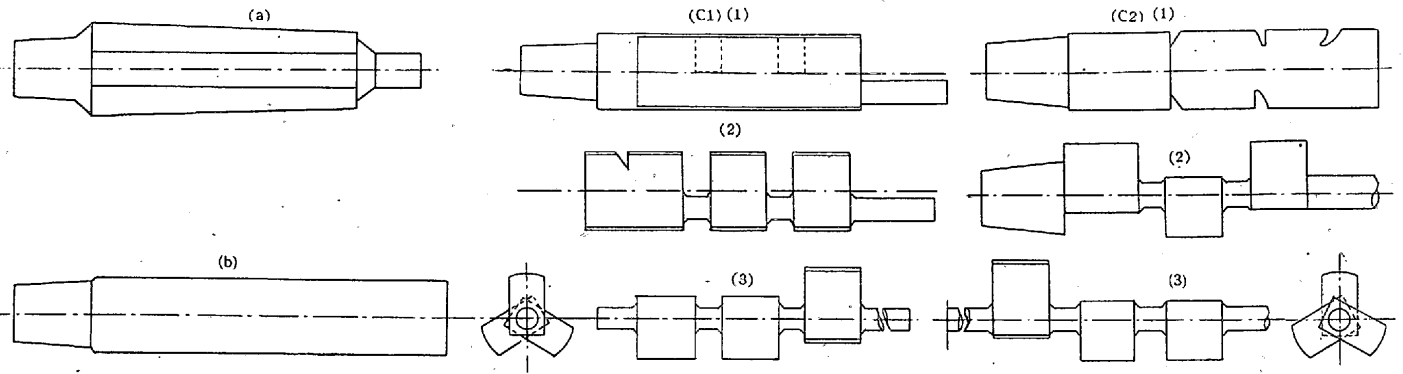
1) Heat Treating & Forging 1936 p. 66

2) 同 上

* 株式會社丸子製作所

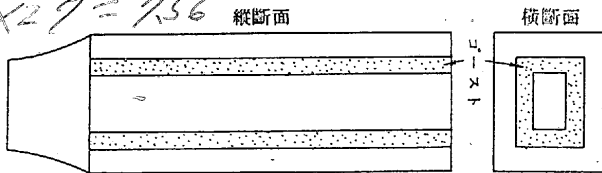
59x18=888

第 1 圖



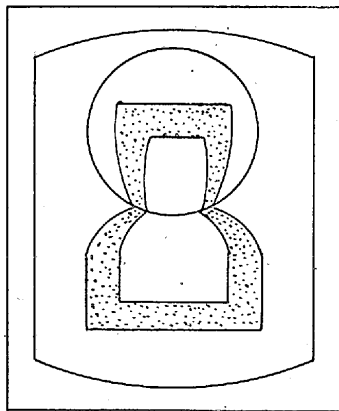
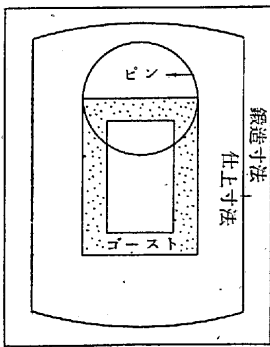
第 2 圖

28x29=756



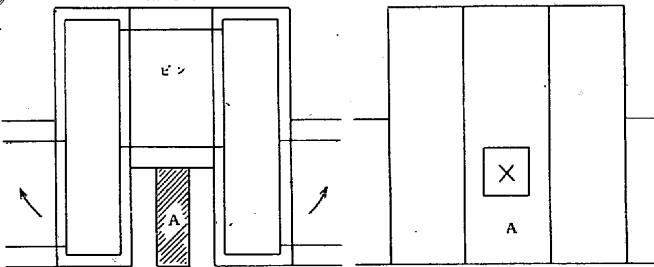
第 3 圖

第 4 圖

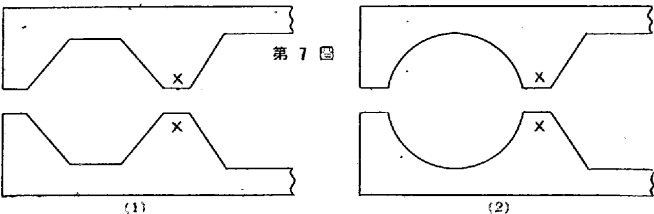


第 5 圖

第 6 圖



第 7 圖

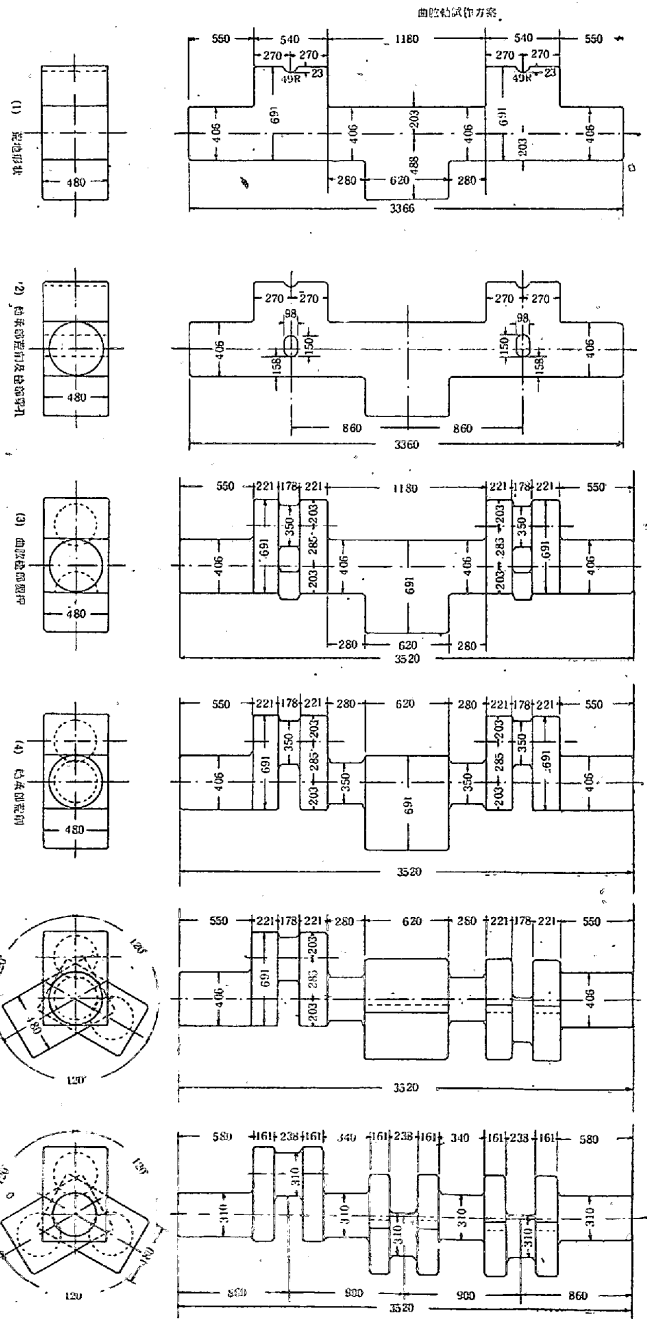


故に此の如きものからピン及ジャーナルを機械削出しすれば、第 3 圖の如く製品となった後其の表面にかなり廣範圍に亘てゴーストが現はれるのである。

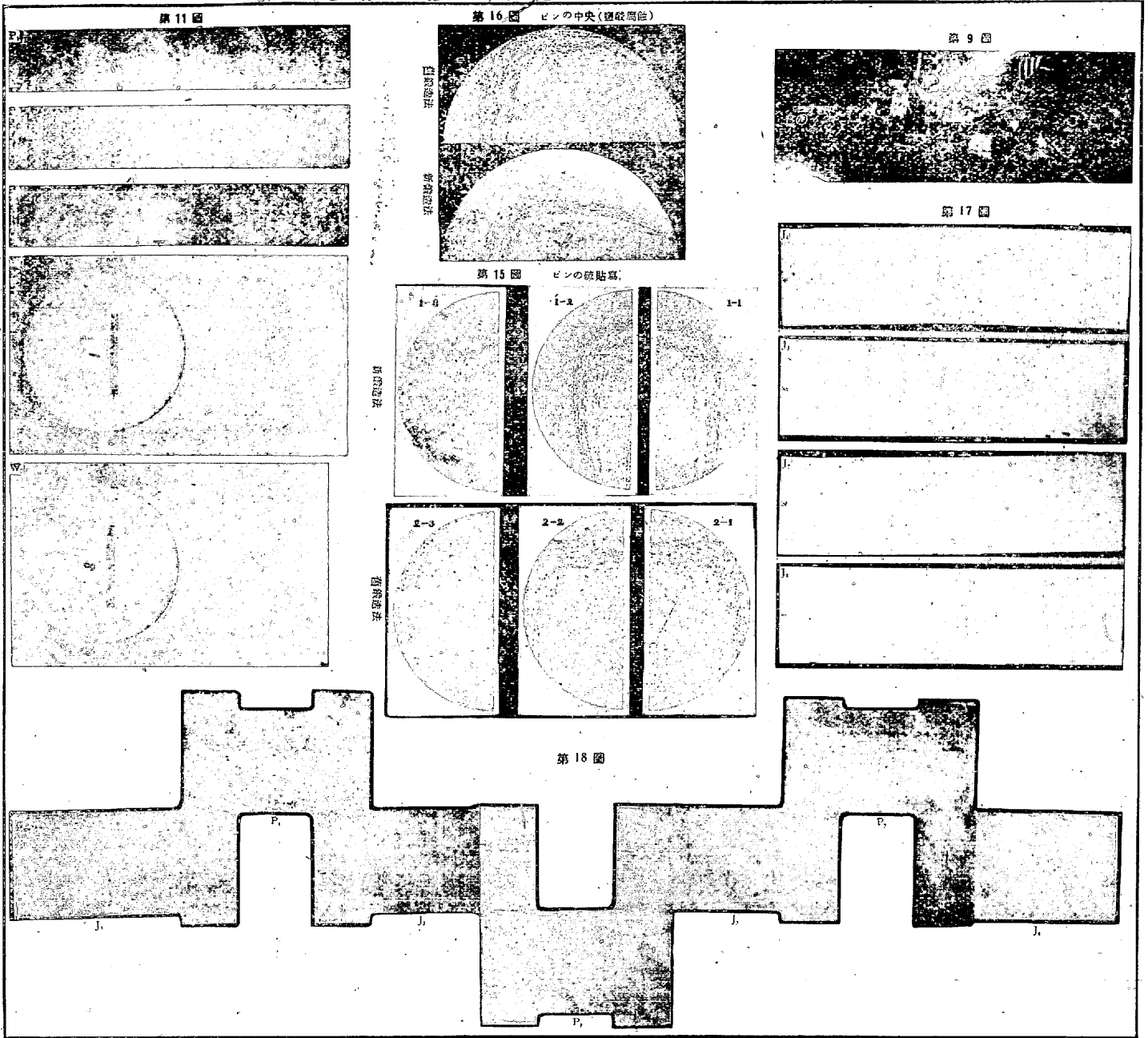
(2) 新鍛造法 新鍛造法の目的は第 3 圖に見るやう

54x29=1558

第 8 圖



58-153230.24



なゴーストを第 4 圖に示す如くピン及ジャーナルの内方に押込めて表面露出を軽減し且つ鍛錬することによってゴーストを薄からしめ而も材力を向上せしめんとするのである。

次に鍛造法を記述するに、曲肘部に於てはピンの反対側即ち第 5 圖 A は不必要な個所であるため此の部分に豫め削除しピン部を工具によって其の形状に近く鍛造するのである。

此の場合アームは矢印の方向に流れ曲肘軸全體としての長さを整へるのに甚だ困難となる。依て第 6 圖に示す如き窓(X)を穿ち、A 部がピンを成形すると同時に延びるやうにした。而して此の際使用する工具は第 7 圖のやう

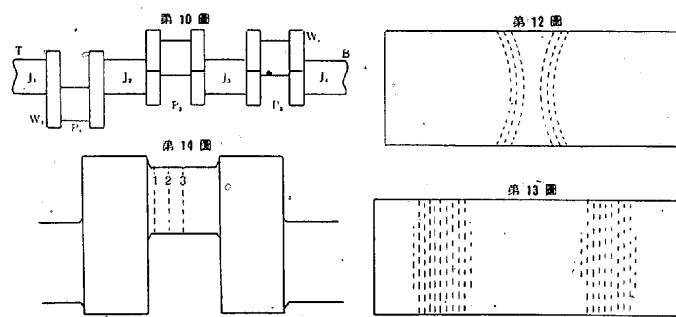
な形状を有するもので、先づ同圖(1)の×部を窓の兩側にあてピン部を荒押し(2)でピンの形状にする。然る後不必要な部分(A)を切捨るのである。此の時ピン部は軸方向に鍛延せられるため、成形後に所要寸法となる如く豫め曲肘部の寸法を定めて置くこと勿論である。

(A) 實 験 第 1

以上の方法を用ひて先づピン部を鍛造し之と從來の方法による結果とを比較するべく 0.3% C の 25t 鋼塊を用ひて實驗した。鍛造方案は第 8 圖に示す通りで成形前素材(第 1 圖(b))を振下げて(1)の如き形状にし然る後(2)に示すやうな窓を[兩側の曲肘部に穿ち(3)の如く鍛造し

た。即ち中央の一つを従来通りとし両側を新鍛造法で成形したのである。此のやうにして鍛造した後ジャーナルを粗削し、其の部分再加熱して所要角度だけ扱た。然る後 840°C に 6 時間保て爐冷し、表面を製品と同様に精仕上げしたのである。鍛造仕上りの實物寫眞を第 9 圖に示す。

(1) 硫貼寫 精仕上げ後第 10 圖に示す各位置から硫貼寫を採取した。之を示せば第 11 圖のやうになる。W₁ 及 W₂ は本曲肱軸の成形前素材に於けるゴーストの位置を代表するものであり、かなり廣く品物の表面に近づいて居る



のが知られる。P₁、P₂ 及 P₃ は夫々新鍛造法及従來の鍛造法（以下簡単に舊鍛造法と云ふ。）によって成形したピンの周壁に於ける硫貼寫である。P₁ 及 P₂ に於けるゴーストは第 12 圖の如く狭く且薄くなつて居るが P₃ に於ては第 13 圖のやうに擴がつて居り而も濃い。

ピン部に於けるゴーストを更に明かにするため P₁ 及 P₂ の曲肱部を軸方向に縦斷した後第 14 圖の如く切斷して其の面の硫貼寫を採た。

即ち 1 はピンとアームとの連接部で、3 はピンの中央、2 は 1 と 3 との中央であり其の記號を P₁ 及 P₂ に就て夫々 P₁-1、P₁-2、P₁-3 及 P₂-1、P₂-2、P₂-3 とした。之を示せば第 15 圖の如くなる。又 P₁-3 及 P₂-3 を鹽酸で強く腐蝕すれば第 16 圖の如くなる。第 15 圖及第 16 圖を觀るに、P₁ に於てはゴーストはかなり内方に押込まれ僅かに下方に現れて居るに過ぎないが P₂ に於ては側面に多量現はれて居る。

而も其のゴーストの濃さは P₁ の方が遙かに薄い。即ちピン部を其の形狀に近く鍛鍊すればゴーストの殆んど總てを内方に押込み且之を稀薄にし、従來の方法に比較して遙かに良好な結果の得らるゝことが判た。

次にジャーナルの周壁から採た硫貼寫は第 17 圖の J₁~J₄ の如くゴーストが非常に不規則に現はれて居る。此の理由は何れも成形前素材を振下げて後四角形に鍛鍊

し、然る後丸く機械削りしたがためである。

尙本曲肱軸の内部に於ける缺陷及ゴーストを檢査する目的で縦斷して硫貼寫を採た。之を示せば第 18 圖のやうになる。即ち新鍛造法はピン部をかなり急に鍛鍊するため、其の内部につり切れ等の缺陷を生ずるのではなからうかと思はれたが、何等其の如き缺陷を見出し得なかつた。又ゴーストはアームの外側からジャーナルにかけて切れて居るが之は振下げによる剪斷で生じたものである。

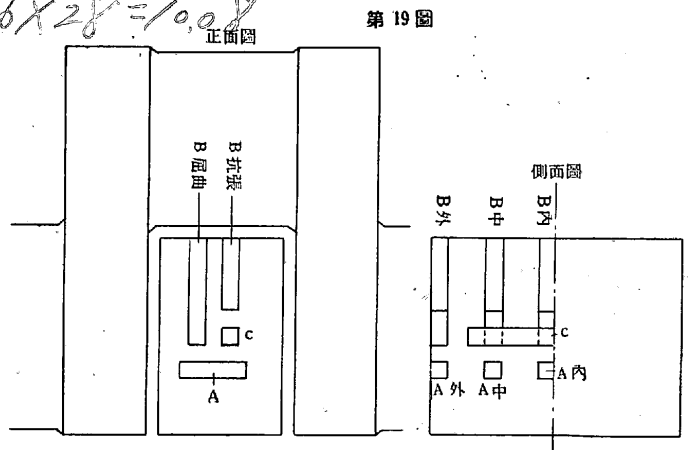
(2) 材力試驗 ピンの材力に及ぼす新舊兩鍛造法の影響及ジャーナルの材力に及ぼす振、不振の影響を比較するため船舶機關規定に基く 3 方向の試験片を製品の表面から内部に至る(外)、(中)、(内)の 3 個所から成る可く多數採取して材力試験を行た。

a) 規格 曲肱軸の規格は逕信省令十號船舶機關規定により試験片は曲肱部の中心部近傍で軸方向(A)、之と直角にしてアームと平行なる方向(B)及(A)と(B)に直角なる方向(C)の 3 方向より採取し其の材力は第 1 表の

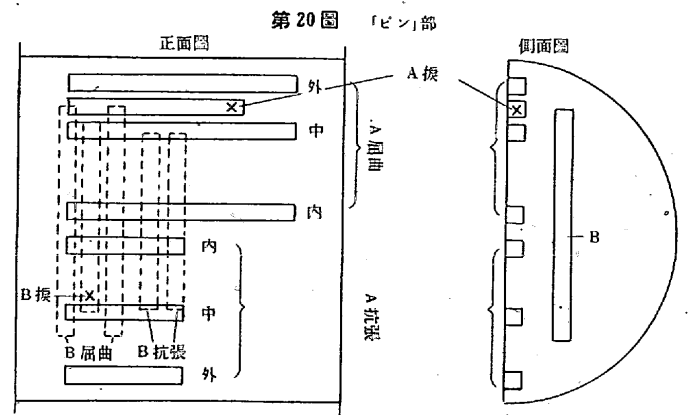
第 1 表 規格

	抗張力 kg/mm ²	伸 %	屈曲角度
A 方向	42.5~53.5	>27	180°
B 方向	"	"	150°
C 方向	41.0~53.5	>19	125°

36x28=1008



第 19 圖



第 20 圖 「ピン部」

如く規定されて居る。

b) 繰抜部 従来の試料採取個所である P_2 の繰抜部より第 19 圖の如く採取して材力試験を行た。其の結果を示せば第 2 表のやうになり B 方向の伸と屈曲及 C 方

第 2 表

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)
A 方向	外	23.6	50.0	33.4	48.7
	中	22.2	49.4	32.0	49.0
	内	22.3	49.3	34.2	49.2
B 方向	外	23.8	49.2	32.8	48.4
	中	21.5	46.7	17.2	26.3
	内	21.0	44.0	22.9	28.0
C 方向内	21.0	49.1	25.0	33.6	105

第 3 表

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)	捩角 (度)		
I (新鍛造法)	A 方向	外	26.8	51.1	33.0	51.5	180	
		中	23.7	47.6	32.5	44.8	180	
		内	24.8	47.9	31.2	46.6	180	
	B 方向	内	24.5	48.3	26.4	36.9	144	
		内		24.3	48.8	27.5	30.8	150
								916
II (舊鍛造法)	A 方向	外	22.6	45.0	29.8	37.0	180	
		中	23.0	45.6	29.8	39.2	180	
		内	22.5	45.8	29.6	37.2	180	
	B 方向	内	22.2	46.0	23.6	27.9	137	
		内		21.8	45.8	23.9	29.0	131
								986

向の屈曲が規格に不足して居るのが判る。第 2 表に於て屈曲は角度を表はすものにして 180° とあるは 180° で折れ

た場合で 180° 以下の數値は其の角度で折れたことを表はす。

c) ピン部 P_1 及 P_2 から第 20 圖に示す如く A, B 兩方向の試片を採取して材力試験を行た。其の結果は第 3 表に示す通りで明かに P_1 即ち新鍛造法によつた方が舊鍛造法によつたものより優れて居る。同表に於ける捩角は井口式單一捩試験による破壊までの捩角である。新鍛造法はピン部を鍛造するときアームの肉を引き従て其の接続部に何等かの悪影響を及ぼすのではないかと云ふ懸念が起る。依て P_2 の曲軸部から第 21 圖の如くに A 方向試片を採て試験した。其の結果は第 4 表の如くになり P_1 ピンには劣るが P_2 の夫よりは優れて居る。又 P_1 及 P_2 の接続部に於ける B 及 C 方向試験片を第 22 圖の如く採て

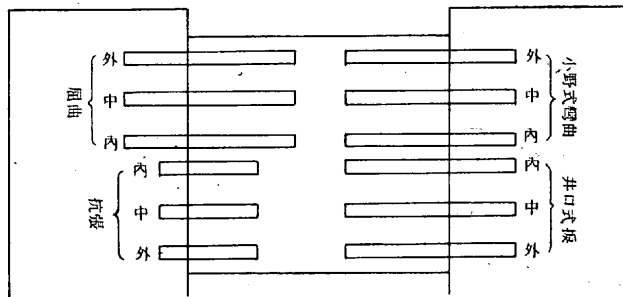
第 4 表

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)
A 方向	外	25.0	48.8	31.6	41.7
	中	23.0	46.7	31.6	40.6
	内	23.0	45.8	30.2	31.1

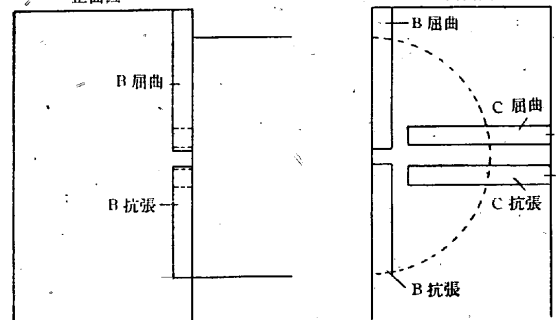
第 5 表

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)
P_1	B 内	24.4	48.5	25.6	38.4
	C 内	23.7	46.5	14.1	20.4
P_2	B 内	22.5	44.8	24.9	28.1
	C 内	22.8	43.0	14.3	15.7

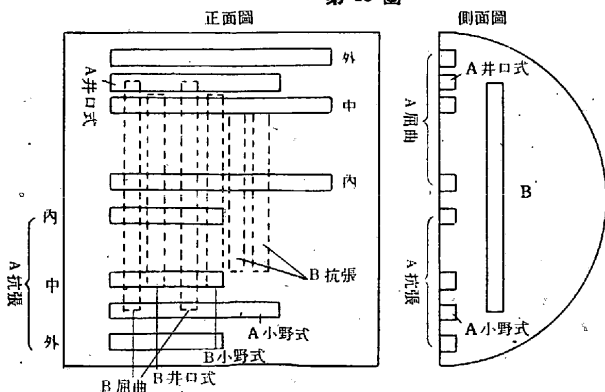
第 21 圖



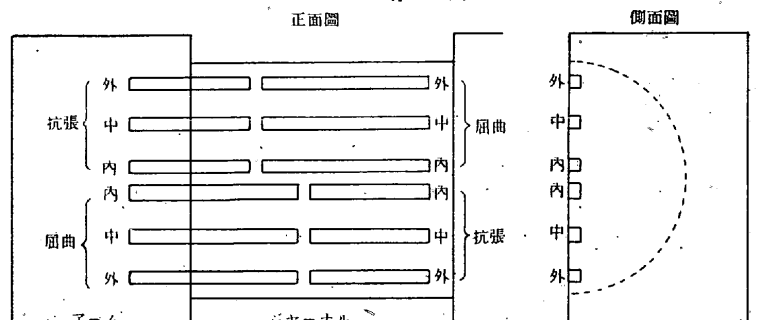
第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖



第 6 表 ジャーナル A 方向

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)		
不 振	J ₁ 外中内	23.0 22.0 24.7	46.9 45.8 49.3	30.5 30.0 30.6	44.1 36.0 40.2	180 180 180	
	振	J ₄ 外中内	23.3 23.7 24.0	47.1 47.9 51.0	30.2 32.0 30.0	37.7 29.3 48.0	180 180 180
		平均	23.4	48.7	30.5	39.2	180
振 (60°)		J ₂ 外中内	23.3 22.9 23.0	47.6 46.1 46.7	33.5 29.4 23.6	48.4 41.0 39.3	180 180 180
	J ₃ 外中内	25.0 24.0 23.2	52.5 51.4 48.0	31.0 29.1 31.5	45.9 45.9 44.0	180 180 180	
		平均	23.6	48.7	30.5	44.1	180

第 7 表 ジャーナル B 方向

試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)	
不 振	J ₁ 内内	24.8 24.3	48.0 49.7	23.8 27.1	37.4 33.6	85 131
	振	J ₄ 内内	23.8 23.3	48.0 47.9	21.3 21.0	29.6 26.8
平均		24.0	48.4	23.3	31.8	130
振	J ₂ 内内	21.8 22.2	47.0 46.0	23.5 29.5	29.0 40.2	127 160
	平均	22.0	46.5	26.5	34.6	143

試験した。其の結果は第 5 表のやうになつて C 方向の伸を除けば悉く P₁ の方が優れて居る。

即ち新鍛造法はピンとアームとの接続部に何等悪影響を及ぼすことなく、寧ろ其の部を若干鍛錬するため却て従來の方法によつたより優れて居ることが知られる。

d) ジャーナル部 第 10 圖に示す J₁, J₂, J₃ 及 J₄ の 4 ジャーナリに於て J₁, J₂, J₄ は A, B 兩方向 J₃ は A 方向に就き、第 23 圖に示す位置から試片を採取して試験した。而して J₂ 及 J₃ は各 60° 振た個所で J₁ 及 J₄ は振らない所である。故に本試験はジャーナル部の成績を知ると同時に 60° 振た場合と振らざる場合との材力比較を行ひ得る譯である。A 及 B 方向の試験結果を夫々第 6 表及第 7 表に示す。此處に B 方向としたが、之は丸く機削して後振たがため C 方向と區別し得ざるものである。第 6 表及第 7 表に於て觀る如く振た方が振らざる場合に比較して優れて居る。

次にジャーナルを振ることによつてアームとの接続部に何等かの悪影響を及ぼすのではないかと思ひ、60° 振た

P₃ に就て第 24 圖の如く A 方向の試片を採り試験した。其の結果を第 8 表に示す。此處にジャーナルの成績は第 6 表の J₃ の方向を再録したものである。第 8 表に於て接続部の絞りが(内)となるに従てかなり減じて居るが、其の他の伸及屈曲成績は殆ど同様であり、結局ジャーナルを振てもアームとの接続部に著しい影響を及ぼすものでないことが知られる。

第 8 表

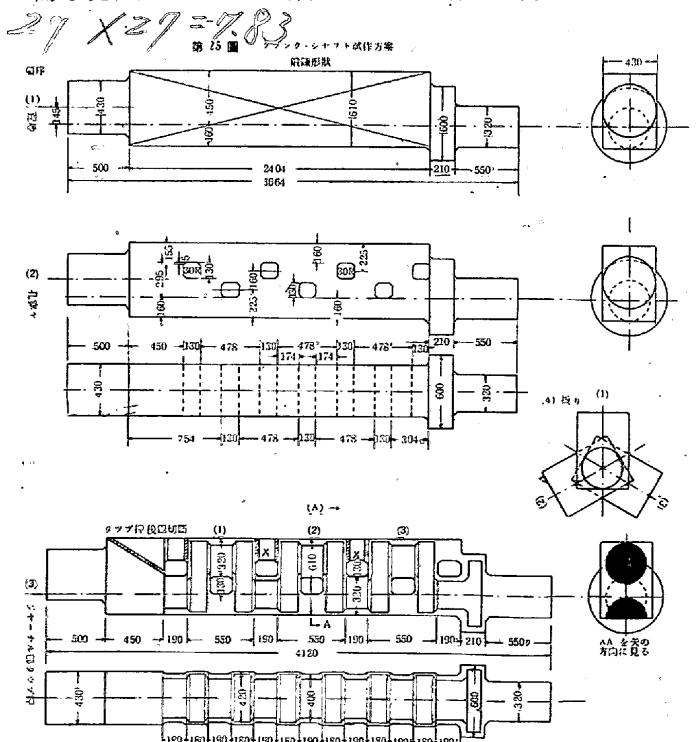
試片	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	屈曲角 (度)	
ジャーナル	外中内	25.0 24.0 23.0	52.5 51.4 48.0	31.0 29.1 31.5	45.9 45.9 44.0	180 180 180
	平均	24.0	50.6	30.5	45.3	180
	アームとジャーナルの接続部	外中内	25.0 23.8 23.2	49.2 48.2 48.0	32.2 32.8 28.2	49.1 43.5 36.6
平均		24.0	48.5	31.0	43.1	180

(3) 括約 以上の實驗結果を括約すれば次のやうになる。

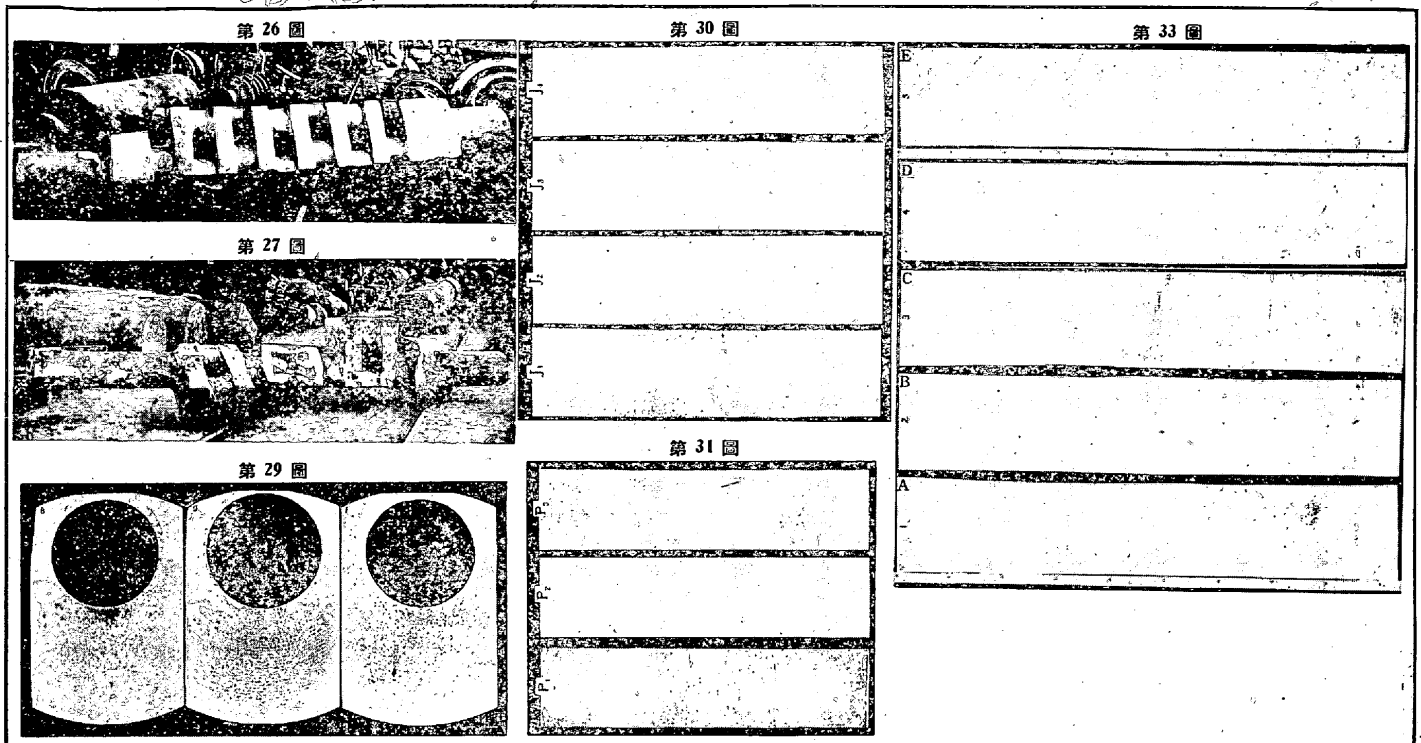
i) 成形前素材に於けるゴーストがかなり擴がって製品の表面に近づいて居る。

ii) 従て之より直ちに機械工作で仕上げたピンの表面には多量のゴーストが現はれる。

iii) 然るに新鍛造法を施すときはゴーストの殆ど總てをピンの内方に押込め僅かに其の一部を現すに過ぎない。而も現れたゴーストは鍛錬によつて著しく薄くなる。



50 X 31 = 17.98



iv) ピン部及ピンとアームとの 接続部に 就て新舊兩鍛造法の材力に及ぼす影響を試験した結果兩部とも新鍛造法によつた方が優て居る。即ち新鍛造法はピン部のみならず其の接続部にも鍛鍊を效かせることとなり材力を向上せしめる。

v) 従來の方法で成形したジャーナルに就て 60° 振た場合と振らざる場合とを比較した結果は振た方が優て居る。

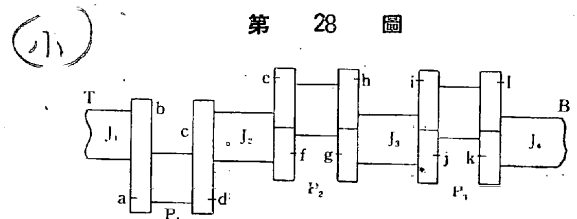
(B) 實 験 第 2

實験第1に於て記述した如くピン部に新鍛造法を施し其の形狀に近く成形するときは、其の部に於けるゴーストの現出を著しく軽減し而も材力を向上することが判たのでジャーナルをも同様に鍛造する方法を考究した。而して新鍛造法をピンのみに施した實験第1は初めての試作であつたことも大きな原因ではあるが曲肘軸全長の仕上寸法を整へるに些か困難であつた。故に之をピン及ジャーナルの兩者に施することはより一層困難になると思はれたので、更に C0.3% で特にゴーストの濃い 20t 鋼塊の餘材を用ひ所定寸法になる如く新鍛造法を施し、果して實験第1の如き結果が得られるや否やを確めることにした。

(1) 鍛 造 鍛造方案は第25圖に示す通りで(1)なる成形前素材に於て(2)の如くピン及ジャーナルとなるべき個所の反對側に窓を穿ち之に前述の工具を用ひて(3)の

やうに鍛造した。然る後ジャーナル部の不要個所(第25圖(X))を切捨て 120° 振て鍛造を終了した。ピン及ジャーナルの鍛造後及鍛造仕上り後の實物寫眞を夫々第26圖及第27圖に示す。鍛造仕上後 830°C に5時間保持して爐中冷却し所定寸法になる如く機械仕上げを行った。

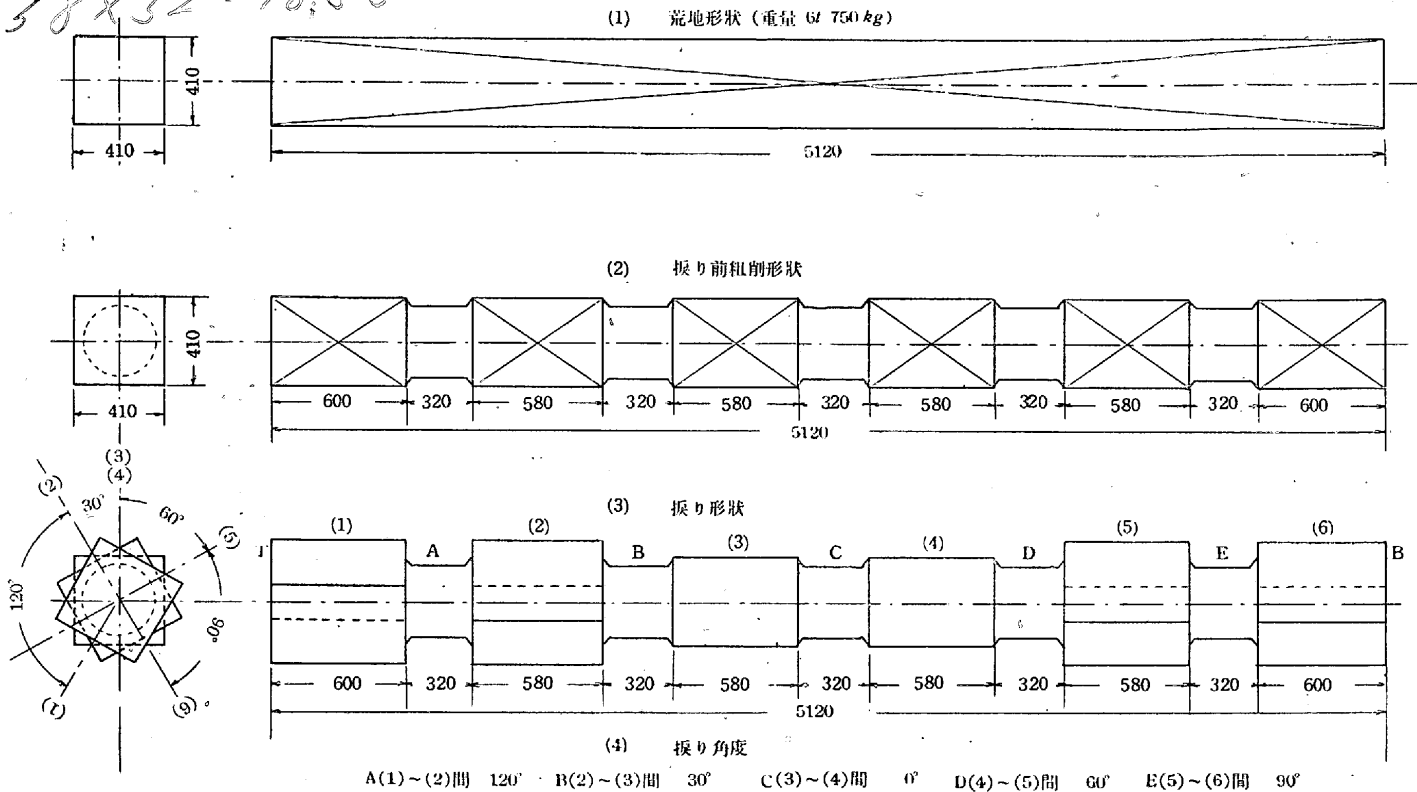
(2) 硫貼寫 第28圖に示す各位置から硫貼寫を採てゴーストの位置を探ねたアームに於けるゴーストを示せば



第29圖のやうになり本曲肘軸に使用した鋼塊のゴーストが非常に濃いことが知られる。次にジャーナル及ピンの周壁に沿うて採た硫貼寫を示せば夫々第30圖及第31圖のやうになる。第30圖即ちジャーナルの硫貼寫を觀るに各ジャーナルともゴーストは細く且薄くなつて居る。J1及J4は振らない個所であるが J2及J3は 120° 振たがため薄くなつたゴーストが振角に相應して傾いて居る。而して各ジャーナルともに表面疵を見出し得なかつた。第31圖に就てピンの硫貼寫を觀るに P1とP2には所定寸法に仕上後未だ黒皮が残在し、硫貼寫に現れない個所があつた。之は初めての試作であつたがため、成形前素材に於て穿つ窓の位置が若干適當でなかつたこと、及ジャーナルを

第 32 圖 振り試験方案圖

58x32=18.56



振り前に機械削りをし、次で全體の仕上げに於てピンより先に機削りしたことがピンの仕上寸法を片寄せたのであると思はれる。然しながら $P_1 \sim P_6$ の表面に現はれたゴーストは非常に少量となり且薄くなつて居る。

(3) 所見 ピン及ジャーナルに新鍛造法を施すときは所期の如くゴーストの表面現出を著しく軽減し得たが仕上寸法を整へるに些か困難であつた。此の原因は本實驗が初めての試作であつたことによるものであり、本試験の結果此の新鍛造法が充分實用化し得ることを認めた。

II. 軸受部の振りに就て

ソリッドホージの大型曲腕軸に於ける鍛造中にジャーナル部を振ることは仕上寸法を整へるに甚だ困難である。従て 3~6throw の曲腕軸に於ては鍛造後にジャーナル部を粗削りし、其の部分を加熱して所要角度だけ振る方法が今日まで一般に採用されて來た。然しながら鍛造後にジャーナル部のみを加熱して振ることは其の部分の結晶粒を粗くし、従て材力を低下すると共に表面に現はれたゴーストの個所から表面疵を起し易いといふ理由で之を不可とする説がある。今日まで振ることの可否に就ては種々議論されて

居り、沖³⁾、太田⁴⁾氏等の研究があるが未だ解決されて居ないやうである。又前述の新鍛造法はジャーナルを振ることを建前として居るため、若しも振ることが材力を低下するやうであるならば假令ピン及ジャーナルにゴーストの現出することを著しく軽減し得たとしても大いに考慮しなければならぬことになる。依て實物と略同型のものに就て材力に及ぼす振りの影響を試験した。

(1) 試材及鍛造方案 試材は實驗第1の曲腕軸に用ゐた鋼塊の餘材であり、之を第32圖の鍛造方案に基いて鍛造した。即ち同圖(1)の如き荒地を(2)の如く機械工作で粗削りし、1, 2, 3, 4, 5 及 6 を曲腕部、A, B, C, D, E をジャーナルと假想したのである。而して各ジャーナルを(4)のやうに 120° まで 30° 毎に振り 830°C に 5 時間保持して其の儘爐中冷却を行た。然る後ジャーナルを 300mm 直徑に精仕上した。

(2) 硫貼寫 ジャーナルの周壁に沿うて採取した硫貼寫は第33圖のやうになる。即ちジャーナル部は四角に荒鍛鍊を行ひ、然る後丸く機削りしたので、其の表面にはゴーストが不規則に現はれ、且振た部分には振り角に相應してゴーストが傾いて居る。

(3) 材力試験 A, B, C, D, E 5個のジャーナルから抗張、屈曲、衝撃、振り(井口式單一振り)及疲勞(小野

³⁾ 鐵と鋼 第6年 p. 8 154

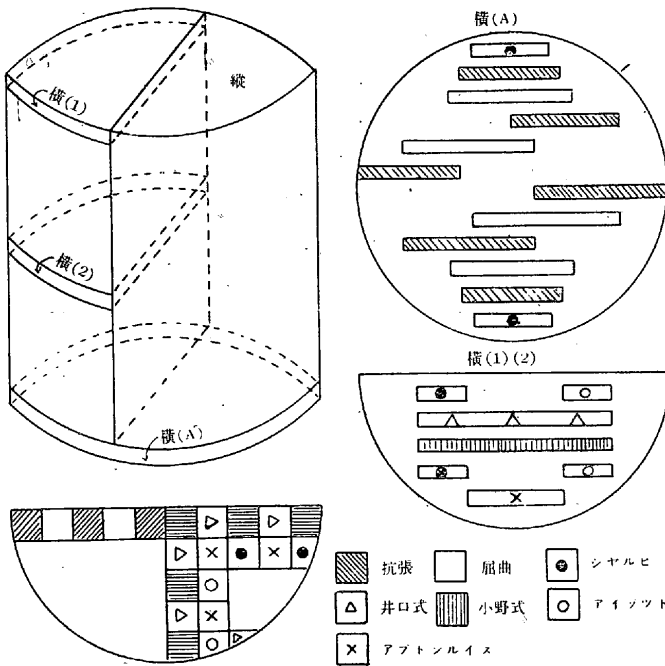
⁴⁾ 鐵鋼協會第16回講演大會發表

式彎曲回轉及アプトンルイス式繰返屈曲) 試験片を表面から中心に至る(外),(中),(内) 3 個所より縦横兩方向に成る可く多數採て試験した。

試験片の採取位置

各ジャーナルとも其の兩側の附け根から切放し之を第 34 圖の如く切斷して、第 9 表のやうに各種試験片を採取した。各種試験の成績は取纏めて終りに掲げることにし此處では圖表に就て説明する。

第 34 圖



第 9 表

試験	位置	縦			横(A)			横(1)			横(2)		
		外	中	内	外	中	内	外	中	内	外	中	内
抗張	張	1	1	1	2	2	2	—	—	—	—	—	—
屈曲	曲	1	—	1	2	—	2	—	—	—	—	—	—
シャルピー	—	2	2	—	2	—	—	1	1	—	1	1	—
アイゾット	—	2	2	—	—	—	—	1	1	—	1	1	—
井口式	—	1	2	2	—	—	—	1	—	—	1	—	—
小野式	—	2	2	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—
アプトンルイス	—	—	2	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—

57 x 7 = 9.69

a) 抗張試験 縦横兩方向に就て(外)及(内)の成績と振角との關係を示せば夫々第 35 圖及第 36 圖のやうになる。之等の圖表を觀るに試片採取位置の差は縦方向の伸を除けば他は大體に於て(外)方が(内)より勝て居り、振角による差は縦方向には餘り現れず横方向の伸、絞の(外)が振るに從て大となる。次に縦横兩方向の(外),(中),(内)三者の平均値を示せば第 37 圖となる。之を觀るに

弾性根:— 縦方向は横方向に比較して大である。振角が大となるに從て縦方向は僅かに減小し横方向は増大する。

抗張力:— 縦横共に略同様で且振りに對して著しい影響を受けない。

伸:— 縦横共に略同様で 120° までは振角に關係しない。

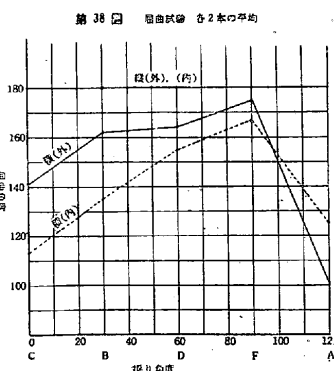
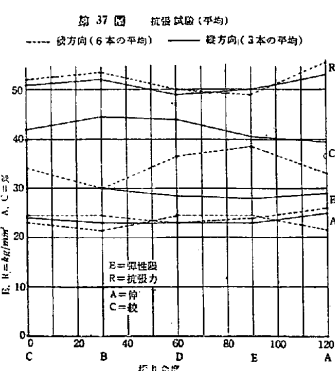
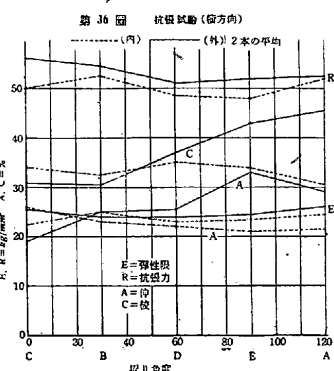
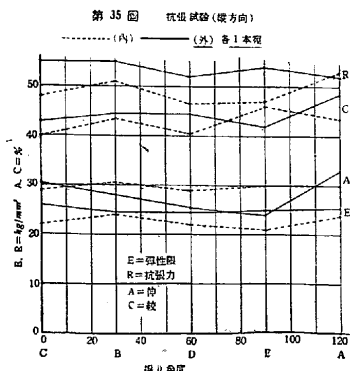
絞:— 縦方向が横方向より大である。而して縦方向は振角の大となるに從て初め 60° 附近までは増加し夫以上となれば僅かに減小する。横方向は 90° までは増大し 120° となつて減小する。

要するに抗張試験に於ては、振角の大となるに從ひ横方向に良く、縦方向は悪く影響するやうであるが其の差は小さく、大體に於て振角 120° までは影響なきものと看做される。

b) 屈曲試験 試験結果は第 38 圖に示す通りで縦方向は(内),(外)共に振角 120° までは 180° 屈曲して折れない。横方向は(内),(外)共に 90° までは振るに從て屈曲角を増し良好となるが 120° となれば低下し振らざる場合より若干悪くなる。

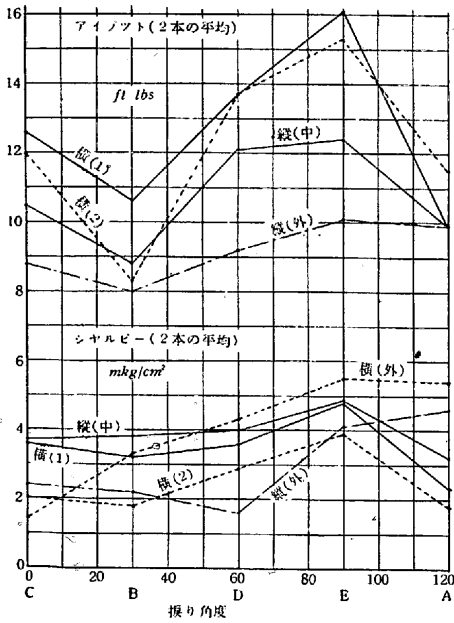
c) 衝擊試験 アイゾット及シャルピー試験結果を同一圖に示せば第 39 圖のやうになる。圖に於て

イ) アイゾット:— 横方向は縦方向より概して衝擊値が高い。振角に對する影響は 90° までは振角の大とな

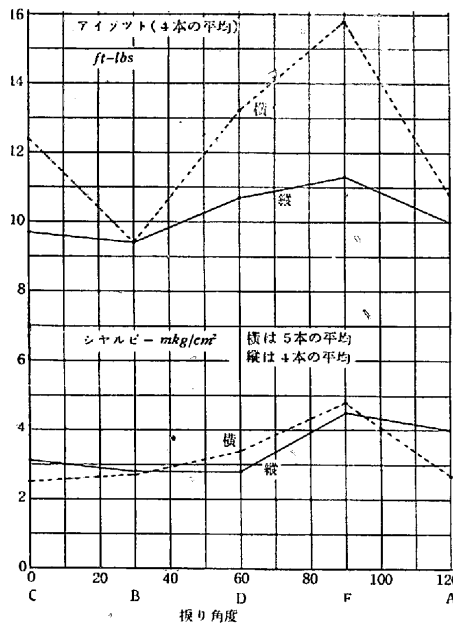


57X29 = 15,39

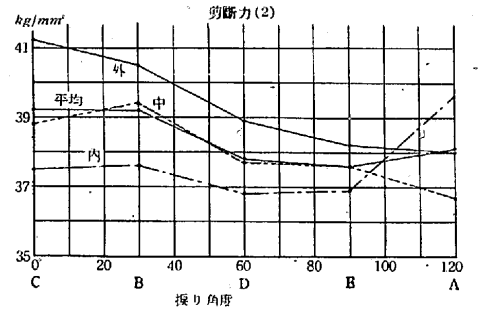
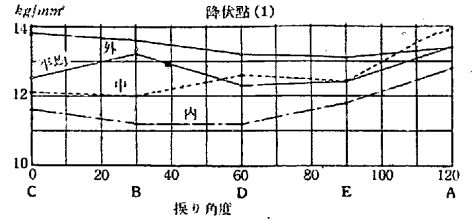
第39圖 衝撃試験



第40圖 衝撃試験 (平均)



第41圖 井口式単一振り試験



るに従って増大し、 120° となつて減小するが振らざる場合と大差がない。

ロ シャルピー：—— 縦横共に(外)は振角の大となるに伴て増大するが、(中)は 90° までは増大して 120° で減小する。而して縦方向試験に於ては(外)より(中)の方が優れて居り横方向に於ては(j)即ちジャーナルの付け根の方が其の中央部より優て居ることアイゾットと同様である。

次に試片の採取位置を考へずに縦横兩方向に大別して平均値をとり圖示すれば第40圖のやうになる。即ち同圖に於て衝撃値に及ぼす振りの影響は 90° までは振れ方が遙かに良く 120° となつて悪くなるが振らざる場合と大差がない。

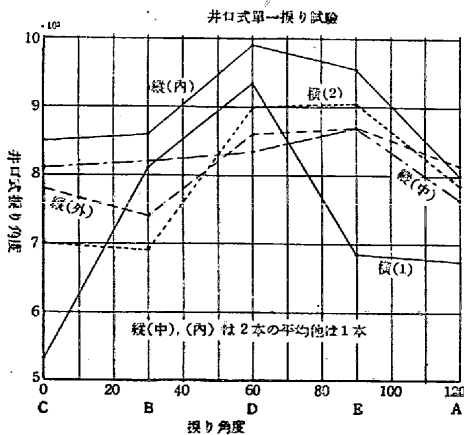
d) 井口式単一振り試験 試片寸法は直径 14mm 、標點

間 100mm である。其の結果を示せば降伏點、剪断力は第41圖、振角度は第42圖のやうになる第41圖の(1)及(2)を觀るに振らざる場合は(外)、(中)、(内)と試片の採取位置の相違による偏差が大きく、之を振れば振角の大となるに従て其の差は小となる。之は外部が若干悪くなるよりは内部の改善される度が大なることに因るものと思はれる。而して(外)、(中)、(内)三者の平均値は振角の大となるに従ひ、降伏點に於て稍増大し、剪断力に於て減小するが、其の差は何れも約 1kg/mm^2 であり大差なきものと認められる。

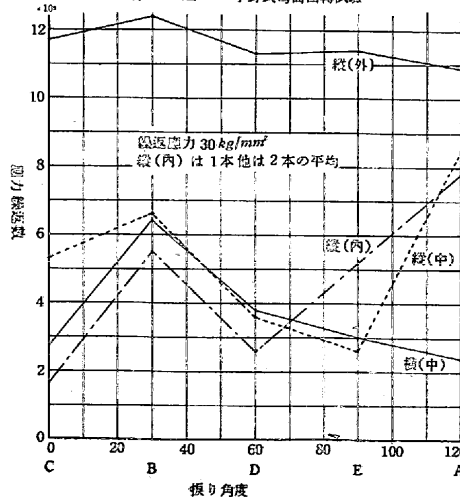
次に第42圖に就て井口式振角を觀るに、横(1)を除く他の4つは何れも同様の傾向を示し 90° までは振角と共に増大するが、 120° となれば減小する。然しながらそれとても振らざる場合と略同様である。

57X21 = 11,97

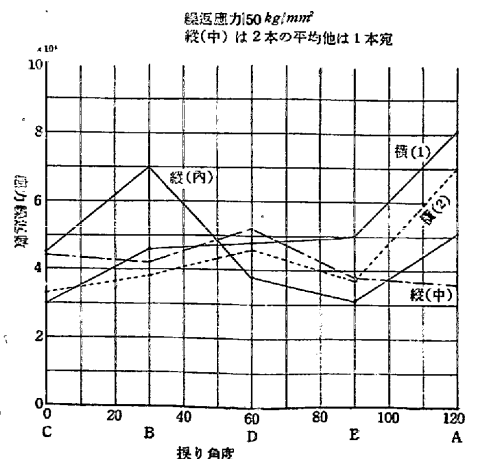
第42圖



第43圖 小野式彎曲回轉試験



第44圖 アプトンリス繰返屈曲試験



e) 小野式繰返彎曲回轉試験 試片寸法は直徑 12mm 標點間 40mm で繰返應力は 30kg/mm^2 である。試験結果を第 43 圖に示す。圖に觀る如く縦方向の(外)は(中)、(内)及横(中)に比較して著しく優れて居る。振角に對する影響は一様でなく、縦の(外)と横の(中)とは振角の大となるに従て減小の傾向を示して居るが、縦の(中)及(内)は 120° 振た方が大である。然しながら大體に於て 120° までは振ても大差なきものと看做される。

f) アプトンリス式繰返屈曲試験

試片寸法は厚さ 5mm 、幅 25mm で繰返應力は 50kg/mm^2 である。試験結果を示せば第 44 圖となり、横方向繰返屈曲数は振角の大となるに従て増大し、縦方向の夫は減小の傾向を示して居るが大體に於て振た方が良好である。

(4) 括約 以上の結果を括約すれば次の如くなる。

a) 抗張試験:— 振角の大となるに従て横方向に良く縦方向に悪くなるが、其の差は僅少であり 120° までは振ても影響なしと看做される。

b) 屈曲試験:— 縦方向は振角に關係なく 180° 屈曲しても折れない。横方向は 90° までは振角大となるに従て屈曲大となるが、 120° となれば減小する。

c) 衝撃試験:— アイゾット、シャルピー共に 90° までは振角の大となるに従て衝撃値を増大する。 120° となれば減小するが、振らざる場合に比較して寧ろ良好である。

d) 井口式單一振試験:— 試片の採取位置に基く材力の偏差は振角の大となるに従て減小する。降伏點及剪斷力は 120° まで大差なく、井口式振角度は振角 90° までは増大し 120° となつて減小するが、それとても振らざる場合と略同様である。

e) 小野式繰返彎曲回轉試験:— 振角に對する影響は一様でないが、概して 120° までは振ても大差なきものと認められる。

f) アプトンリス式繰返屈曲試験:— 振角の大となるに従て横方向は良く縦方向は僅かに悪くなるが、大體に於て 120° までは振た方が良好である。

要するに 90° までは振角の大となるに従て良好となり 120° となれば若干悪くなるが、夫とても振らざる場合に比較して寧ろ良好である。

曲軸がジャーナル部より破損する原因の最大なるものは、軸の偏心に基く歪力の集中と疲勞に因るものである。而して軸の偏心による歪力の集中がないとすれば、ジャー

ナル部に作用する應力の中、最も重要なものは振り應力である。即ちジャーナル部としては、振り應力が大でも疲勞に耐え得ることを希望するものである。然るに振り應力は井口式振試験に觀る如く、降伏點及剪斷力は、振角の大となるに従ひ、前者は増大し後者は減小したが、其の差は兩者とも振らざる場合と 120° 振た場合とで僅かに 1kg/mm^2 に過ぎず、大差なきものと看做される。又疲勞に就ては軸方向に採取した試片の小野式繰返彎曲回轉が最もよく曲軸の使用目的に副ふものであり、其の成績は前述した如く 120° までは振角に對して殆ど影響がない。而も井口式振試験及小野式繰返彎曲試験の結果、試片の採取位置の相違に基く材力の偏差、換言すればジャーナルの横断面の各部分に於ける材力の偏差は、振角の大となるに従て僅小となる。即ち振ることによつて内外部を均質にし、材力を均等にすることが判た。

III. 結 言

(1) ソリッドホージの大型曲軸に於てピン及ジャーナルの表面にゴーストの現出することを極力輕減すべく、其の形狀に近く成形する新鍛造法を考究し 25 及 20t 鋼塊を用ゐて共に 3throw の曲軸を試作した。

其の結果:— 新鍛造法は從來の鍛造法に比較して、ピン及ジャーナルの表面にゴーストの現出することを著しく輕減し、而も現出したゴーストを極めて薄くする。又新鍛造法はピン及ジャーナルを更に鍛鍊するため、其の部の材力を向上して何等惡影響を及ぼすことがない。結局新鍛造法は從來の鍛造法に比較して成形が些か困難ではあるが、ゴースト及材力の點から觀れば遙かに優れて居るものと看做される。

(2) 軸受部を振ることが材力を低下するものであるかを確めるため、直徑及長さ共に約 300mm のジャーナルに就て 0° から 120° まで 30° 毎に振り、其の各に就き材力及疲勞試験を行た。

其の結果:— 90° までは振角の大となるに従て良好となる。 120° 振れば若干悪くなるが、それとても振らざる場合に比較して大差なく、寧ろ良好なる場合が多い。結局ジャーナル部は之を 120° 振ても何等支障を來すものでないことを知た。

本實驗は日本製鋼所室蘭製作所在勤中に行ひ且發表したものである。而して本實驗の遂行に當り絶えず御懇篤な御指導、御鞭撻を賜た水谷叔彦博士並に前所長打越光保氏に謹んで感謝する次第である。

附 録

(1) 抗張試験

縦方向

記 號	振 角	位 置	弾性限 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %
A	120°	内 中 外	24.0	52.8	29.7	43.7
			25.0	55.1	23.7	26.8
			25.4	52.1	3.2	48.5
B	30°	内 中 外	24.0	51.1	30.8	43.7
			22.7	50.4	30.8	45.2
			24.3	54.8	28.2	44.2
C	0°	内 中 外	22.1	47.4	29.0	40.0
			23.2	50.4	30.8	43.7
			26.0	55.0	30.6	42.8
D	60°	内 中 外	22.2	46.4	29.2	40.3
			21.8	48.9	31.2	47.2
			24.7	51.9	25.1	44.5
E	90°	内 中 外	21.2	47.0	30.2	46.3
			22.3	48.5	29.8	33.6
			25.0	54.0	24.2	42.2

(2) 抗張試験

横方向

記 號	振 角	位 置	弾性限 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %
A	120°	* 内 中 外 内 中 外	—	37.6	3.6	4.0
			28.2	54.6	14.3	26.0
			25.2	52.2	29.2	45.0
			24.5	52.2	21.8	30.6
			27.0	55.0	16.0	21.6
			26.7	53.2	28.4	46.1
B	30°	内 中 外 内 中 外	24.5	52.5	21.0	32.6
			23.6	51.5	18.6	19.6
			24.0	55.3	20.2	25.1
			26.0	53.1	22.1	31.8
			24.3	52.8	21.2	26.7
			24.0	53.6	24.9	35.8
C	0°	内 中 外 内 中 外	23.5	50.0	26.8	34.7
			24.7	51.6	22.7	36.6
			26.1	54.5	19.4	35.2
			24.2	50.3	25.6	34.0
			23.5	50.8	25.6	36.2
			25.1	56.8	18.3	26.7
D	60°	内 中 外 内 中 外	23.0	49.7	22.0	34.0
			23.3	50.0	22.2	36.5
			24.0	51.1	23.5	40.5
			22.8	47.8	23.0	36.7
			24.0	50.3	23.0	38.3
			24.0	51.0	27.0	33.6
E	90°	内 中 外 内 中 外	23.8	48.6	23.3	35.7
			23.8	49.0	24.2	39.7
			25.0	54.0	35.2	41.6
			23.0	47.0	17.9	32.5
			23.8	49.0	22.8	37.8
			24.0	50.2	31.0	45.2

* 平均値より除く

(3) 屈曲試験

横方向

記 號	振 角	位 置	屈 曲 角 (度)		
			1 回	2 回	平 均
A	120°	内 外	120	130	125
			110	92	101
B	30°	内 外	152	117	135
			160	164	162
C	0°	内 外	75	152	113
			149	140	141
D	60°	内 外	162	147	155
			158	170	164
E	90°	内 外	180折れず	155	167
			180折れず	170	175

(4) 衝撃試験

アイゾット ft. lbs.

方向	記號	振角	位置	第 1 回		第 2 回		平均	平均
縦 方 向	A	120°	内 外	11.6	11.5	8.0	8.7	9.95	9.98
				10.8	6.1	9.2	11.9	10.0	
	B	30°	内 外	10.2	10.0	11.0	12.2	10.85	9.41
				8.2	7.2	8.0	8.5	7.97	
	C	0°	内 外	10.2	14.8	8.2	8.9	10.52	9.69
9.0				10.2	9.5	6.7	8.85		
横 方 向	A	120°	1 2	10.0	10.0	11.7	8.0	9.92	10.74
				10.7	10.4	12.1	13.1	11.56	
	B	30°	1 2	13.5	11.2	8.8	8.8	10.56	9.46
				6.4	6.2	12.6	8.2	8.35	
	C	0°	1 2	10.8	16.3	10.2	13.2	12.62	12.34
10.6				8.9	15.4	13.3	12.05		
D	60°	1 2	15.2	15.2	14.0	10.0	13.6	13.14	
			17.2	15.2	11.1	11.2	13.67		
E	90°	1 2	16.9	13.3	18.9	15.3	16.1	15.68	
			17.0	17.2	13.6	13.2	15.25		

(5) 衝撃試験

(シャルピー m.kg/cm²)

方向	記號	振角	位置	第1回	第2回	平均	平均
縦 方 向	A	120°	内 外	3.37	3.17	3.27	3.98
				5.45	3.93	4.69	
	B	30°	内 外	5.43	2.10	3.76	2.98
				3.15	1.24	2.2	
	C	0°	内 外	3.93	2.47	3.7	3.08
1.76				3.15	2.45		
横 方 向	A	120°	1 2 外	2.31	2.34	2.32	2.75
				1.30	2.31	1.8	
	B	30°	1 2 外	3.55	2.81	3.18	2.71
				2.43	1.43	1.93	
	C	0°	1 2 外	3.14	4.05	3.61	2.56
2.81				1.28	2.05		
D	60°	1 2 外	3.00	4.17	3.58	3.47	
			1.61	4.31	2.96		
E	90°	1 2 外	3.15	6.54	4.84	4.78	
			3.65	4.15	3.9		

(6) 井口式単一振試験

縦方向

記 號	振 角	位 置	降伏點 kg/mm ²	剪斷力 kg/mm ²	振り角 (度)	平 均 (度)
A	120°	内	12.9	39.5	772	798
		中	12.7	39.7	824	
		外	14.3	36.2	787	766
		外	13.9	37.2	745	
		外	13.4	38.0	815	815
B	30°	内	10.9	37.6	867	872
		中	11.4	37.6	877	
		外	12.6	39.3	802	816
		外	12.7	39.4	830	
		外	13.6	40.5	736	736
C	0°	内	11.8	37.8	865	864
		中	11.4	37.1	864	
		外	11.5	38.3	810	809
		外	12.7	39.3	807	
		外	13.8	41.2	779	779
D	60°	内	11.4	37.0	964	990
		中	10.9	36.6	1,017	
		外	12.7	38.3	849	834
		外	12.5	37.2	819	
		外	13.2	38.9	860	860
E	90°	内	11.7	36.8	936	953
		中	11.8	37.0	971	
		外	12.4	37.7	903	873
		外	12.4	37.7	843	
		外	13.1	38.2	873	873

(8) 小野式彎曲回轉試験

縦方向

記 號	振 角	位 置	繰返應力 kg/mm ²	應力繰返數	平 均
A	120°	内	30	77,900	77,900
		中	"	試験不能 84,400	
		外	"	105,200 112,500	
B	30°	内	"	55,300	55,300
		中	"	66,400 65,800	
		外	"	112,900 135,100	
C	0°	内	"	15,700	15,700
		中	"	53,400 52,600	
		外	"	127,400 105,200	
D	60°	内	"	26,300	26,300
		中	"	37,800 34,500	
		外	"	72,000 152,600	
E	90°	内	"	試験不能 26,400	26,500
		中	"	26,600	
		外	"	134,100 94,900	

(7) 井口式単一振試験

横方向

記 號	振 角	位 置	降伏點 kg/mm ²	剪斷力 kg/mm ²	振り角 (度)	平 均 (度)
A	120°	1	11.6	34.2	675	680
		2	11.7	35.5	785	
B	30°	1	11.6	38.2	810	751
		2	12.1	37.6	692	
C	0°	1	11.6	34.2	530	618
		2	11.7	35.5	706	
D	60°	1	11.4	36.5	934	917
		2	11.4	36.3	900	
E	90°	1	11.2	34.5	683	794
		2	11.3	35.9	905	

(10) アプトンルイス式繰返屈曲試験

縦方向

記 號	振 角	位 置	繰返應力 kg/mm ²	應力繰返數	平 均
A	120°	内	50	51,550	51,550
		中	"	33,850 41,000	
B	30°	内	"	70,600	70,600
		中	"	40,650 44,950	
C	0°	内	"	45,750	45,750
		中	"	40,300 47,900	
D	60°	内	"	37,900	37,900
		中	"	51,500 53,950	
E	90°	内	"	30,200	30,200
		中	"	36,800 39,600	

(9) 小野式彎曲回轉試験

横方向

記 號	振 角	位 置	繰返應力 kg/mm ²	應力繰返數	平 均
A	120°	1	30	試験不能	25,600
		2	"	25,600	
B	30°	1	"	63,500	64,850
		2	"	66,200	
C	0°	1	"	試験不能	26,000
		2	"	26,000	
D	60°	1	"	39,400	38,100
		2	"	36,800	
E	90°	1	"	試験不能	30,900
		2	"	30,900	

(11) アプトンルイス式繰返屈曲試験

横方向

記 號	振 角	位 置	繰返應力 kg/mm ²	應力繰返數	平 均
A	120°	1	50	81,500	75,975
		2	"	70,450	
B	30°	1	"	45,600	41,850
		2	"	38,100	
C	0°	1	"	29,850	31,225
		2	"	32,600	
D	60°	1	"	47,850	46,925
		2	"	46,000	
E	90°	1	"	49,500	43,400
		2	"	37,300	

備考:— 縦横兩方向に試験不能とあるは試験片の形状悪く、振動大なるものを意味す。