

## 拔 萃

## 材料試験機の檢定に就て

石塚長三

從來吾が國に使用されつゝある主なる材料試験機は英國のバツクトン、デニソン、グリーンウッド、米國のオルセン、リーレ、獨逸のモール、ウント、フェーデルハップ、ローゼンハウゼン、瑞西國のアムスラー等の諸會社製のものにて此外多少の内地製のものを含み、最も多く行はるゝはバツクトン、オルセン、リーレの三式なり。

是等試験機の主なる原理は槓桿式のもの、水壓式のもの及び前二者を組合せたるものなり、而して初め製作者に於て檢定保證せしものを其儘正確なりと信じて使用しつゝあれども其機構たるや、極めて微妙なるものなる故に、使用するに於て次第に誤差を生ずるものなり。此の誤差の主なる原因は(一)摩擦損耗。(二)取扱上の影響。(三)熱の不均等。(四)材料の弾性に依るもの。(五)空氣の浮力。等にして槓桿式に於ても、水壓式に於ても、ナイフ、エツチ又はラム、パイプ等の摩擦に起因するもの最も大なり。故にある期間毎に、是れを精査し其正否如何を確むることは極めて緊要なること、思考せらる。

頃者來、檢定方法に關して種々、調査の歩を進め、既に、二三の方法によりて新製品を檢定したるに、豫期せざる困難

に遭遇すること屢々にして理論的には可なるも、取扱其他の點に於て實行至難のものありて益々檢定の容易ならざるを感ずると同時に其必要なることを思ふこと切實なるものあり。而して既に實行せる檢定法としては

(一) 弾性率の既知なる標準試験鋼棒を弾性の比例する限界以内に伸張し、マルテンス鏡装置により其伸張を比較する方法。

(二) 槓桿を材料試験機の臺盤とドロウ、ヘッドとの間に挟み、其他端に直接重量を積載し槓桿作用により檢定する方法。

(三) 佐藤製衡所製、檢定衡による方法。

(四) 測定匣による方法。

是等の方法は何れも一得一失ありて、今直ちに其良否を速斷し能はず。(一)より(三)までの詳細なる實驗報告は多數有すれども、之れは他日の機會に譲り、爰には(四)の方法中、瑞西國アムスラー會社製のスタンダーダイジング、ボックスによる檢定方法につき實驗せる所を御報告し、併せて諸賢の御高教を仰がむとするものなり。

アムスラー、スタンダーダイジング、ボックス

一、本器の目的。

本器は豫め、正確なるデッド、ウエイトを以て其伸張及び壓縮を測定し、是れによつて間接に一般材料試験の正否如何を檢定せむとするものなり。

二、構造の大要。

第一圖に示すは抗張、壓縮兩用、能力三拾噸のスタンダーダイジング、ボックスにて直徑約三吋、高さ約八吋のものな

り、特種鋼にて作れる中空の圓筒内に水銀を填充し其末端はボックスより外部に突出せる硝子製の水平なる毛細管に及べり。此毛細管は中間に金屬製のスリットを有し、此スリットの外端をゼロポイントとして其左右に銀柱を移動す硝子管先端の球根は幾分の餘裕を保ち、且つ水銀の逸出を防ぐものなり。硝子毛細管と反對の位置にプランジヤーを以て筒内に侵入せるマイクロメーターを有す。此マイクロメーターは二十五回轉を度盛せるステム上に前後に移動しマイクロメーター自身の目盛は百分分され、其百分の一は肉眼にて大約十分の一までは読み得るものとす。

今、此ボックスの圓筒が軸の方向に力の作用を受くる時は、容積は壓縮に對しては減じ、抗張に對しては増加す、故に此變化に等しき水銀の容積はボックスより逐出され、又は吸込まるゝ爲め、水銀の尖端はスリットのゼロポイントを前に移動する譯なり。

此の荷重によつて起る水銀柱の移動をマイクロメーターにて調整し、常にスリットのゼロポイントに一致せしめ、其回轉を目盛によつて読み、是に依つて鋼製圓筒の容積の變化を測定し得る装置なり。

圓筒壁の薄さのほど水銀に大なる變化を與ふる故に觀測容易なり。但し、此變化は材料の彈性限界以内にて行ふことを條件とす。

マイクロメーターは如何なる位置にても容易に回轉し得。故に材料試験機の直立式にも横置式にも取付け得べし。

抗張及壓縮の五噸毎の荷重に對するマイクロメーターの回轉の読みはステム上に刻入せられたり。

### 三、檢定豫備實驗。

本器は瑞西國アムスラー、ラフオン會社に於て製作の際、正確なるデッド、ウェイトを以て基本試験の結果、其伸張及壓縮に對するコンスタントを決定してマイクロメーターのステム上に刻入せしものにて、同會社は此種の試験機製作に關しては、斯界の權威にて、多大の經驗と信用とを有する會社なる故、自分は此のコンスタントに對して信賴するところ、大なるものあり。併しながら、材料の性質たるや、或る期間、是れに休息を與ふれば彈性の殘留延伸、溫度の差異、取扱上の相違等の原因の爲めに種々の影響を生ずるものにて正確に製作當時と同一の荷重を以てするも必ずしも同一の結果を呈するものに非ず。故にある期間毎に、果して何程の誤差を生じたりやを正確なるデッド、ウェイトにて訂正すること極めて大切なるべし。

這般の目的に對して吾人は九州帝國大學工學部材料強弱學教室備付の三〇噸モジュール、ウント、フエーデルハッフ材料試験機及び其加重装置を採用せり。

本機は第二圖に示せる如く、コントロール、バランスによりて各指示荷重を読み、より高き荷重に對してはコントロール、レバーを使用するものにて殊に其力の作用する方向の直下に鑄鐵よりなる一噸宛の臺盤、拾箇を具へ、是れを電力によりて上下し得る加重装置を有するを大なる特徴とす。

故に拾噸までは、デッド、ウェイトの直接荷重によりて正確に読み得るも、其れ以上は槓桿によりて擴大したるものを讀まざる可らず。然るに本實驗に於ては最も正確なる荷重を必要とする故に、十噸以上はコントロール、レバーによりて、

本機の指示荷重と實際重量とが果して幾何の差異ありやを豫め確め、然る後、スタンダーダイジング、ボックスを本機に適用して、檢定實驗を行ひたり。

(一) デッド、ウエイトの直接荷重による調節

第二圖に示す如き加重装置の機械に於て、一噸宛ジャツキによりて試験機に荷重し、機の平衡桿を移動する分銅が平衡桿を水平ならしめたる時に、果して實際加重と指示荷重とが相等しきや否やによりて誤差を測定せり。

其結果は五回の平均に於て一、〇〇〇珣の荷重に對し、公算指示荷重は一、〇〇二珣にして即ち摩擦其他の原因の爲めに、千分の二の誤差は起り得ることを發見せり。

(二) コントロール、レバーを使用する調節

次に、下圖に示す如きコントロール、レバーを使用して皿上に二〇珣宛の原器重錘を順次六〇〇珣まで積載し機の平衡桿が水平位置となれる時に指示荷重と比較して幾何の差ありやを測定せり。

而して積桿の擴大比は次の計算に於ける如く、四九、七〇四なることを發見せり。即ち皿上に積載せる重量の約五十倍が平衡桿の指示荷重として現る、譯なり。

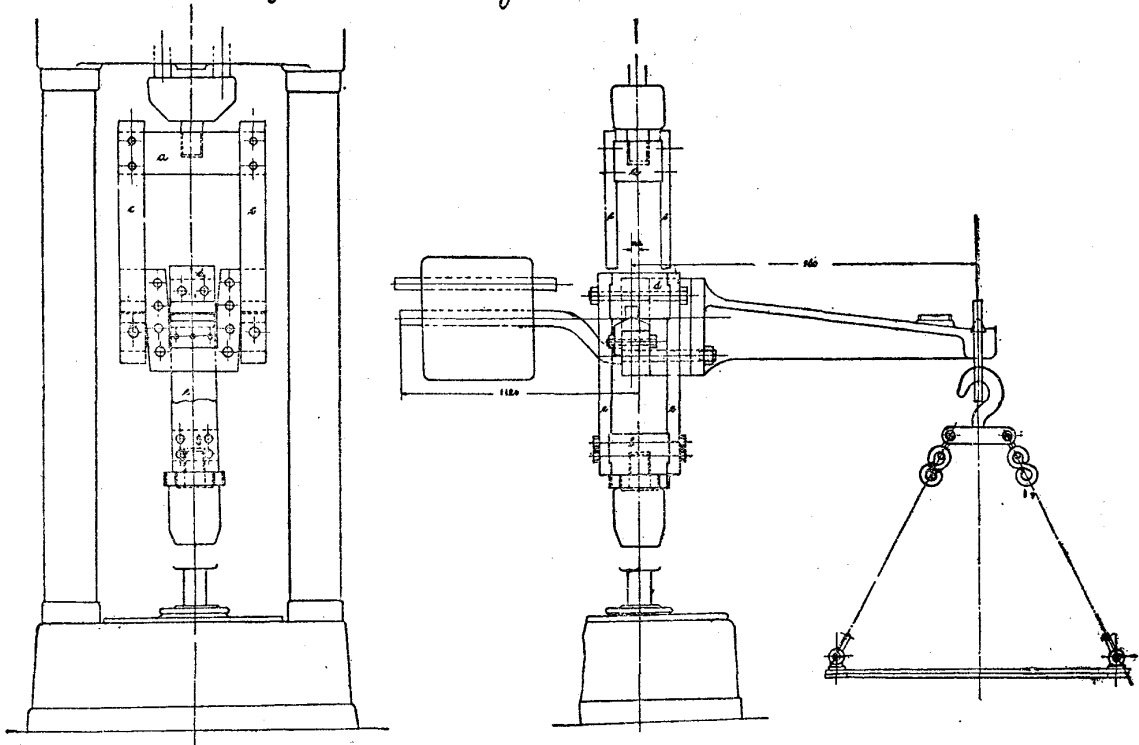
第三表は此測定の結果を示せるものなり。

(三) 使用試験機の誤差決定

前記直接荷重及びコントロール、レバーの實驗より使用材料試験機の誤差を決定し、此誤差丈け試験機の指示荷重より控除すれば、今回の目的に對して必要なる眞の荷重を表示し得べし。

今

Kontrollhebel zur Soli Maschine.



$P = \text{皿上の荷重(庇にて)}$

$\alpha = \text{コントロール、レバーの擴大比}$

$A = \text{讀み(庇にて)}$

$a = \text{直接荷重により求められたる誤差(庇にて第二表参照)}$

とすれば

$$\alpha P = A - a = B$$

此式は各觀測につきて成立す、故に最小二乗法によりて擴大比  $\alpha$  は決定せらるべし。

今  $\alpha P - B = Z$  とせよ然る時は

TABLE I.

$P$	$P^2$	$B$	$P \cdot B$
20	400	994	19,880
40	1,600	1,993	79,720
60	3,600	2,982	178,920
80	6,400	3,972	317,760
100	10,000	4,968	496,800
120	14,400	5,961	715,320
140	19,600	6,954	973,560
160	25,600	7,954	1,272,640
180	32,400	8,948	1,610,640
200	40,000	9,946	1,989,200
	154,000		7,654,410

$$\Sigma(\alpha P - B)^2 = \Sigma Z^2 = Y$$

$Y$  が極小なるためには  $\frac{dY}{d\alpha}$  は零ならしむる可らず、故に

故に

$$2 \Sigma P(\alpha P - B) = 0$$

$$\alpha = \frac{\Sigma P \cdot B}{\Sigma P^2}$$

第一表の觀測結果により計算は次の如くなる。

$$\alpha = \frac{7,654,410}{154,000}$$

$$= 49.704$$

誤差修正曲線に於ては一〇噸以下の實荷重は直接荷重により一〇噸以上に於てはコントロール、レバーに依る荷重を採れり。

$P = 200$ 噸のときは	$L = \alpha P = 9,941$ 噸
$P = 300$ 噸 同	$L = \alpha P = 14,911$ 噸
$P = 400$ 噸 同	$L = \alpha P = 19,882$ 噸
$P = 500$ 噸 同	$L = \alpha P = 24,852$ 噸
$P = 600$ 噸 同	$L = \alpha P = 29,822$ 噸

以上の調節によりて今回の實驗に供用すべき材料試験機の指示荷重を實際荷重と比較して實際の誤差を算出し、是れを曲線にて示せば別圖の如き線圖を得、圖に於て一〇噸まではデッド、ウェイトと記せる曲線ととり、一〇噸以上はコントロール、レバー(比、 $\alpha = 49.704$ )と記せる曲線が基礎となる誤差曲線なり。

此曲線に仍つて最後にボックスの讀みを調べて始めて眞の値を決定し得べし。

因みに、本機の擴大比  $\alpha$  の値は大正二年本機の据付當時に於て同大學教授小野博士の實驗の結果、 $\alpha = 49.77$  と決定し、今日までの計算に使用し來りしが、爾來、多大の年月も

經過し、又該試驗機も頻々と使用し來れる爲め、今回、自分の實驗の結果  $\approx 49.704$  となれり。同大學に於ても、後者の値を正當と認め、今後、當分の間は學術的研究に於て、 $\approx 49.704$  なる値を採用することに決定せり。

扱て上記の結果より使用材料試驗機の指示荷重を訂正すべき誤差は次表の如し。(線圖参照)

修正すべき誤差	0	5	10	15	20	25	30
Load in Tons.	0	5	10	15	20	25	30
Error in kgs.	0	16	18	39	61	93	134

#### 四、檢定實驗

前記の如き豫備實驗を施行して使用すべき基本試驗機の誤差を確めたる後、愈々本實驗に入れり。其結果は第四表及び第五表に示せるが如し。本實驗に於ては器を形成せる材料のヒステレシス影響を控除するため、實驗前にブランクテストを全荷重まで一、二回施して比較的齊一の伸張及び壓縮を呈すると思はるゝに至りて、始めて讀みを採れり。

然れども、水銀の重力及び硝子管内に於ける水銀の表面張力の現象の爲めに變形を全然根絶することは不可能なりき。又、是等の諸原因のために水銀尖端の感度甚だ鈍く、實際に於てマイクロメーターの百分の一乃至二位までは水銀柱尖端の移動を感じること極めて鈍く、故にステム上に刻入せるコンスタントの小數點以下第二位の數に於て一乃至二は頗る曖昧なるもると言はざる可らず。

今、假りに、五噸の處に於て小數點以下第二位の數にて一の差あれば、此點のコンスタント一・五五(抗張試驗)に對し、〇・六四%の誤差となり、二の差あれば、一・二九%の誤差と

なるべし。

故に取扱上、非常の熟練を経るに非れば正確なる數は發見し得ざるものと謂ふべし。

變形の處置に就いて

上述の理由によりて荷重零點に於ける上昇と下降との讀みは必ずしも一致せず、常に僅少の變形を伴ふを免れざりき、今、上下の各平均を以て各荷重のコンスタントを決定するに當つて、最大荷重三〇噸の「讀み」は「上り」に相當するものにて「下り」には即ち、此の變形だけ座標の零點の位置に變化を來したるものなれば「上り」の「讀み」に此變形を附加したるものを以て「下り」の「讀み」となし、此兩者の平均をとりて三〇噸の處のコンスタントとなしたり。

此の事實は曲線より推論すれば自明の理なり。

斯くして所要の點、五噸、一〇噸、一五噸、二〇噸、二五噸、三〇噸の各點に相當するコンスタントを決定し、是れをボックスのコンスタントと比較したるものは、即ち第六表なり。

尙、又、昨年十月中遞信省備付アムスラー三〇噸材料試驗機及び東京帝國大學工學部備付バックトン五〇噸材料試驗機に本器を適用して實驗したる結果は別表の如くにして、是れを今回得たる新しきコンスタントと比較したるものは第七表に示せり。

是等各値のデッド、ウェイトに對する誤差を比較せるものは別紙曲線にて示せる如くにしてアムスラー、コンスタントは抗張、壓縮ともに比較的正確にて其誤差、何れも〇・%以内にして抗張試驗に於て平均〇・〇七%壓縮試験に於て、平均〇・

四二%の誤差を見る。但し、是等は後章に論ずる如く、材料のヒステレシスの影響温度及び取扱上の影響より起れるものと見做すべきものにして、蓋し、本器の如き構造に於ては、かゝる誤差は到底免れ得ざるものと言はざる可らず。尙ほ、最近、此のスタンダーダイジング、ボックスを使用し、大阪地方に介在する若干の材料試験機を檢定せし結果、別紙線圖に示す如き誤差を得たり。但し、供用材料試験機は次の如し。

久保田鐵工所

リーレー式二萬冠材料試験機

大阪鐵工所

オルセン式拾萬封度材料試験機

電氣分銅株式會社

リーレー式五萬封度材料試験機

増田伸銅所

リーレー式拾萬封度材料試験機

住友製鋼所

ホキットウオース式五拾噸材料試験機

大阪海事部

バックトン式參拾噸材料試験機

## 五、結論

以上の結果につき、考察するに、實驗に影響を與ふるものはボックス其者の材料の性質、即ち殘留性延伸、温度の影響及び實驗上の取扱等に基因するものなり。

ヒステレシス影響に關しては材料の殘留延伸はある範圍内にて繰返し、荷重をかくる時は漸次減ずれども、一定期間、休息を與ふれば其休息の間にプラスチックを恢復して再び大なる伸張を呈し、永久變形の増加を見るものなり。故に本器製作當時の材料の分子密着の状態と、今日實驗せる際の分子密着の状態とは必ずしも同一なりと謂ふことを得ず。従つて實驗上より得たるコンスタントの値も、必ずしも符合するものに非ざるは自明の理なり。而して今回の實驗に於ては、

成る可く、此誤差を控除するため、豫めブランク、テストを一二回、全荷重まで施して變形を除き比較的齊一と思はるゝに至りて始めて「読み」をとれり。併し前表より見らるゝ如く是れにても尙ほ完全なる齊一は期し難きに似たり。

次に温度の影響に關してはボックスを形成せる材料夫れ自身に於ては殆んど問題とならざるべし。何となれば彈性率Eの値は實驗上、攝氏四十度の差にて僅かに一・〇%の差を生ずるのみにて、今回の實驗は攝氏十五度より十七度附近の間にて行ひたるものにてアムスラー會社の基本試験の際に於ても、温度は恐らく實驗中、大なる變化なかりしものならむと思考す。唯、硝子管内へ突入せる水銀柱は温度の膨脹ボックスの夫れに比し、比較的大なれば今温度の差、大なる時は、其管内にある長さ、多少の影響を來すことあるべく、従つてマイクロメーターの回轉に差異を生ずることなしとせず。併し、今回の如く、僅少の温度の差に於ては殆んど實際上の問題とならざるべし。

次に取扱上より起る誤差は決して輕々視する能はず。既に述べたる如く、水銀の重力及び表面張力の爲に尖端の移動極めて鈍く、又、硝子管と水銀との摩擦のために、時々水銀柱の切斷することあり。故に荷重中は絶えずマイクロメーターを回轉してスリットのゼロポイントと水銀柱の尖端とを一致せしむること極めて必要にて是等の取扱に相當の熱練を経ざればマイクロメーターの百分の一乃至二の誤差は容易に起り得べし。さて、今、本器によりて一般材料試験機を檢定するに當りて前記原因のために、生ずる平均誤差を假りに $\pm 0.5\%$ と見做し、是れに $\pm 1.0\%$ の筋を附加して一般の許容誤差を

4.5% に決定したき希望なり。

併し、上述の實驗の誤差を顧みる時は強ち、大なる精密を要求し難きものゝ如し。唯時々、デッド、ウエイトにて調べし基本となるべきボックスのコンスタント自身を訂正すること極めて緊要なるは言を俟たず。

#### 試験機の感度

一般材料試験の良否を決定する上に於て、重要な他の一つの條件は感度の鋭敏なることなり。

是れは機が平衡状態を失し、將さに、動き始めむとする限界摩擦の最小なるものを以て最良好とす。

槓桿式試験機に在りては、機の臺盤に直接重量を積載して、最終の槓桿がその支點たるナイフ、エッジを基點として上下に振動を起し得る量を以て感度とす。此の角度を感度角と稱す。從來、取扱ひたる實際の感度測定方法は槓桿の末端に引きたる水平線が上下に入分の一時宛、振動を起したる時の積載重量を以て其時の荷重に對する感度とせり。又、水壓式機械に在りては、ラムの運動を糸にて槓桿装置に導き、之れを擴大して其末端の微動によりて測定すれば可なり。

一般試験機に於ける感度は五千分の一乃至一萬分の一附近なり。吾が農商務省の衡器檢定用に使用する天秤の如きものに在りては百萬分の一の感度を有するものを採用す。併し一般材料試験機の如き目的のものに於ては、二千分の一以内を以て許容感度の限度として充分ならむかと思考せらる。

終りに本器の檢定として價値如何につき一言せしむに前記の他の方法に比し、本器は其取扱、頗る輕便にて費用及び時間の點より見ても、遙かに經濟的にて且つ實用上優秀なるも

のと謂はざる可らず。加之、本器は材料試験機の直立式にも横置式にも取付け得る事にて是れ他の檢定装置に比し最も有利なる點とす。

之を要するに本器は改良を要する點、尙ほ少からずと雖も現今の程度にては蓋し、最も輕便且つ實際的のものとして一般材料試験機檢定用に推奨するに足るものと思惟せらるゝなり。尙ほ本問題に關しては、賢明なる學者諸彦の叱正に待つところ極めて大なり。

TABLE II.  
Control-Test by Using a Lever. November 17th 1920.

Weight on Pan kg.	Load Applied kg.	Load indicated (Mean of 5 observations) kg.	Difference (indicated-applied) kg.
20	995.4	999.0	3.6
40	1,900.8	1,908.0	7.2
60	2,936.2	2,933.0	6.8
80	3,981.6	3,988.0	6.4
100	4,977.0	4,984.0	7.0
120	5,972.4	5,979.0	6.6
140	6,967.8	6,975.0	7.2
160	7,963.2	7,972.0	8.8
180	8,958.6	8,968.0	9.4
200	9,954.0	9,964.0	10.0
220	10,949.4	10,960.0	10.6
240	11,944.8	11,957.5	12.7
260	12,940.2	12,955.0	14.8
280	13,935.6	13,955.0	19.4
300	14,931.0	14,950.0	19.0
320	15,926.4	15,947.5	21.1
340	16,921.8	16,945.0	23.2
360	17,917.2	17,947.0	30.3
380	18,912.6	18,947.5	34.9
400	19,908.0	19,943.0	35.0
420	20,903.4	20,950.0	46.6
440	21,898.8	21,952.5	53.7
460	22,894.2	22,947.5	53.3
480	23,889.6	23,950.0	60.4
500	24,885.0	24,945.0	60.0
520	25,880.4	25,952.5	72.1
540	26,875.8	26,955.0	79.2
560	27,871.2	27,955.0	83.8
580	28,866.6	28,960.0	93.4
600	29,862.0	29,956.0	94.0

Multiplying Ratio of the Lever=49.77

TABLE III.  
Mean Differences of Control Test.

Differences.						
No.	I	II	III	IV	V	Mean
1	-0.4	4.6	4.6	4.6	4.6	3.6



2	-0.8	9.2	9.2	9.2	9.2	7.2
3	3.8	3.8	8.8	8.8	8.8	6.8
4	-1.6	8.4	8.4	8.4	8.4	6.4
5	3.0	3.0	8.0	8.0	13.0	7.0
6	2.6	2.6	7.6	7.6	12.6	6.6
7	12.2	2.2	7.2	2.2	12.2	7.2
8	6.8	6.8	11.8	6.8	11.8	8.8
9	11.4	16.4	11.4	6.4	11.4	11.4
10	11.0	6.0	16.0	6.0	11.0	10.0
11	10.6	10.6	—	—	—	10.6
12	15.2	10.2	—	—	—	12.7
13	19.8	9.2	—	—	—	14.5
14	24.4	14.4	—	—	—	19.4
15	24.0	14.0	29.0	9.0	19.0	19.0
16	28.6	13.6	—	—	—	21.1
17	28.2	18.2	—	—	—	23.2
18	37.8	22.8	—	—	—	30.3
19	42.4	27.4	—	—	—	34.9
20	52.0	32.0	42.0	22.0	27.0	35.0
21	66.6	36.6	—	—	—	46.6
22	71.2	36.2	—	—	—	53.7
23	65.8	40.8	—	—	—	53.3
24	75.4	45.4	—	—	—	60.4
25	75.0	50.0	65.0	55.0	55.0	60.0
26	84.6	59.6	—	—	—	72.1
27	94.2	64.2	—	—	—	79.2
28	98.8	68.8	—	—	—	83.8
29	113.4	73.4	—	—	—	93.4
30	118.0	88.0	108.0	68.0	88.0	94.0

TABLE IV.

Tention Test Reading. Room Temp. 17.5°~19.6°C. November 1920.

Actual Load kg.	Load indicated kg.	I	II	III	IV	V	Mean	Corrected Reading.
0	0	0	0	0	0	0	0	0
995	1.000	0.256	0.361	0.295	0.283	0.292	0.297	0.298
1,995	2.000	0.585	0.62	0.599	0.595	0.593	0.609	0.611
2,989	3.000	0.915	0.982	0.874	0.902	0.896	0.911	0.917
3,984	4.000	1.214	1.305	1.183	1.205	1.210	1.223	1.228
4,984	5.000	1.523	1.600	1.534	1.520	1.517	1.540	1.545
5,982	6.000	1.835	1.904	1.840	1.830	1.820	1.846	1.852
6,979	7.000	2.111	2.230	2.153	2.137	2.133	2.153	2.160
7,982	8.000	2.425	2.535	2.455	2.446	2.449	2.462	2.468
8,980	9.000	2.751	2.844	2.725	2.750	2.756	2.765	2.771
9,982	10.000	3.056	3.152	3.073	3.065	3.066	3.082	3.088
14,916	15.000	4.604	4.712	4.650	4.628	4.630	4.645	4.657
19,939.2	20.000	6.150	6.279	6.210	6.194	6.200	6.207	6.226

21,907.3	25,000	7.780	7.855	7.721	7.770	7.770	7.779	7.808
29,866.7	30,000	9.366	9.430	9.326	9.340	9.355	9.363	9.405
max.								
24,907.3	25,000	7.807	7.818	7.752	7.796	7.754	7.785	7.814
19,939.2	20,000	6.231	6.245	6.235	6.217	6.185	6.223	6.242
14,961.	15,000	4.661	4.658	4.662	4.696	4.609	4.657	4.669
9,982	10,000	3.094	3.092	3.091	3.076	3.041	3.079	3.085
4,984	5,000	1.541	1.538	1.532	1.533	1.496	1.528	1.533
0	0	set. - 0.030	+0.020	-0.047	-0.036	+0.019	set. - 0.025	- 0.025

TABLE V.

Compression Test Reading. Room Temp. 15.4°~17.6°C. November 1920.

Actual Load kg.	Load indicated kg.	I	II	III	IV	V	Mean	Corrected Reading.
0	0	0	0	0	0	0	0	0
995	1,000	0.325	0.292	0.319	0.309	0.305	0.310	0.312
1,995	2,000	0.625	0.611	0.668	0.618	0.620	0.628	0.630
2,989	3,000	0.935	0.950	0.941	0.940	0.939	0.941	0.944
3,984	4,000	1.250	1.216	1.232	1.250	1.260	1.242	1.247
4,984	5,000	1.540	1.521	1.546	1.560	1.570	1.547	1.552
5,982	6,000	1.874	1.823	1.843	1.887	1.880	1.862	1.868
6,979	7,000	2.187	2.131	2.170	2.195	2.188	2.174	2.181
7,982	8,000	2.490	2.446	2.479	2.514	2.498	2.485	2.491
8,980	9,000	2.800	2.783	2.770	2.821	2.810	2.797	2.803
9,982	10,000	3.078	3.061	3.075	3.139	3.125	3.096	3.102
14,961	15,000	4.590	4.601	4.619	4.671	4.655	4.627	4.639
19,939.2	20,000	6.130	6.131	6.146	6.202	6.180	6.158	6.177
24,907.3	25,000	7.610	7.640	7.658	7.730	7.709	7.669	7.698
29,866.7	30,000	9.100	9.130	9.150	9.220	9.150	9.150	9.190
max.								
24,907.3	25,000	7.640	7.619	7.637	7.630	7.640	7.633	7.651
19,939.2	20,000	6.128	6.100	6.152	6.102	6.145	6.125	6.144
14,961	15,000	4.587	4.580	4.615	4.606	4.610	4.600	4.613
9,982	10,000	3.051	3.061	3.083	3.080	3.072	3.069	3.075
4,984	5,000	1.544	1.541	1.503	1.534	1.540	1.532	1.537
0	0	set. - 0.031	+0.030	+0.024	+0.010	+0.120	+0.0329	+0.033

TABLE VI.

Calibration for Amsler Standardising Box

by Dead Weight Testing Machine.

Tension Result.  
(Mean of 10 times.)

Load in Tons.	Measured Constants.			New Adopted Constants	Constants on Box	Difference.	Diff. in %
	Ascending	Descending	Mean				
5	1.545	1.533	1.539	1.54	1.55	+0.01	+0.65
10	3.088	3.085	3.087	3.09	3.10	+0.01	+0.32
15	4.657	4.669	4.663	4.66	4.66	0	0
20	↓ 6.226	↑ 6.242	6.234	6.23	6.23	0	0
25	↓ 7.808	↑ 7.814	7.811	7.81	7.80	-0.01	-0.12
30	↓ 9.405	↑ 9.430	9.417	9.42	9.38	-0.04	-0.42
Set	-0.025					Mean Diff.	+0.07

Compression Result.  
(Mean of 10 times.)

Load in Tons.	Measured Constants.			New Adopted Constants	Constants on Box	Difference	Diff. in %
	Ascending	Descending	Mean				
5	1.552	1.537	1.544	1.54	1.54	0	0
10	3.102	3.075	3.088	3.09	3.07	-0.02	-0.65
15	4.639	4.612	4.625	4.63	4.60	-0.03	-0.65
20	↓ 6.177	↑ 6.144	6.160	6.16	6.13	-0.03	-0.48
25	↓ 7.698	↑ 7.661	7.679	7.68	7.64	-0.04	-0.52
30	↓ 9.190	↑ 9.156	9.173	9.17	9.15	-0.02	-0.22
Set	+0.033					Mean Diff.	-0.42

TABLE VII.

Comparison of the Results for Teishinsho & Tokyo Imperial  
University Machine with that for Dead weight  
Machine in K. I. U.  
For Tension Test.

Load in Tons.	Constants by D. W. M.	Teishinsho		T. I. U.	
		Constants	Diff. in %	Constants	Diff. in %
5	1.54	1.55	+0.65	1.53	-0.65
10	3.09	3.10	+0.32	3.14	+1.60
15	4.66	4.62	-0.60	4.67	+0.21
20	6.23	6.20	-0.48	6.20	-0.48
25	7.81	7.87	+0.77		
30	9.42				

For Compression Test.

Load in Tons.	Constants by D. W. M.	Teishinsho		T. I. U.	
		Constants	Diff. in %	Constants	Diff. in %
5	1.54	1.58	+2.61	1.57	+1.95
10	3.09	3.10	+0.32	3.02	-2.26
15	4.63	4.60	-0.65	4.58	-1.08
20	6.16	6.12	-0.65	6.07	-1.46
25	7.68	7.67	-0.13		
30	9.17				

Calibration by Amsler Standardising Box.

Total Result for Tension.

(Mean of 30 times.)

Load in Tons.	Standard Constants.	Measured Constants.	Error	Error in %
5	1.55	1.546	-0.004	-0.26
10	3.10	3.096	-0.004	-0.13
15	4.66	4.633	-0.037	-0.79
20	6.23	6.198	-0.032	-0.51
25	7.80	7.867	+0.067	+0.86

Total Result for Compression.

(Mean of 30 times.)

Load in Tons.	Standard Constants.	Measured Constants.	Error.	Error in %
5	1.54	1.575	+0.025	+2.27
10	3.07	3.097	+0.027	+0.88
15	4.60	4.601	+0.001	+0.02
20	6.13	6.119	-0.001	-0.18
25	7.64	7.672	+0.032	+0.42

Machine used: Amsler 30 Ton Testing Machine in Teishinsho.

## Calibration by Amsler Standardising Box.

## Total Result for Compression Tests.

(Mean of 10 times.)

Load in Tons.	Standard Constants.	Measured Constants.	Mean Error.	Error in %
5	1.54	1.566	+ 0.026	+ 1.690
10	3.07	3.022	- 0.048	- 1.560
15	4.60	4.578	- 0.022	- 0.478
20	6.13	6.066	- 0.064	- 1.043

## Total Result for Tension Tests.

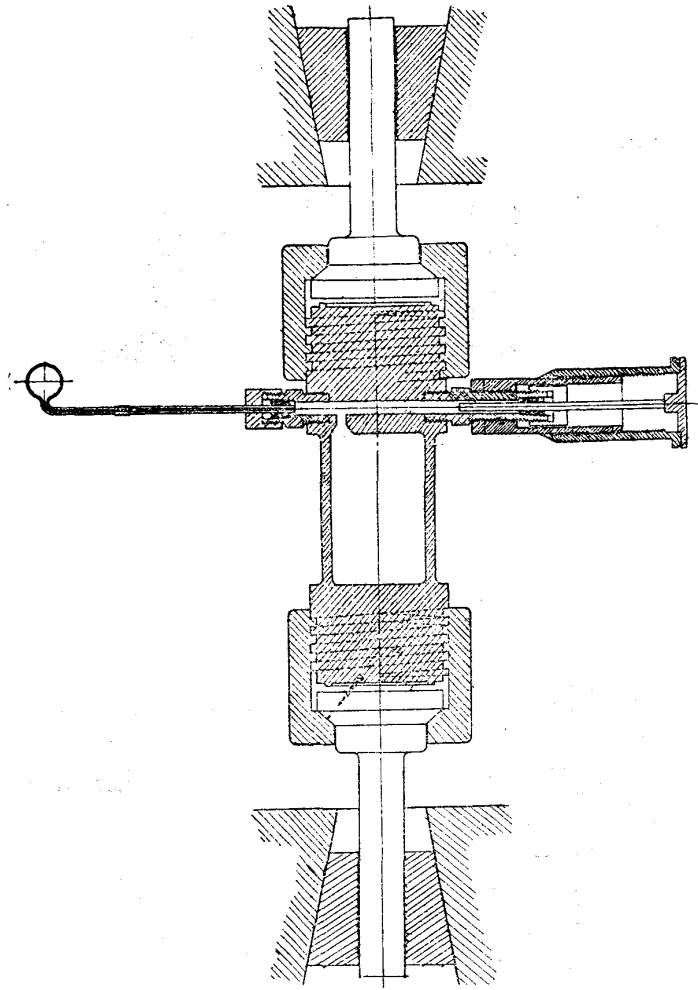
(Mean of 10 times.)

Load in Tons.	Standard Constants.	Measured Constants.	Mean Error.	Error in %
5	1.55	1.531	- 0.019	- 1.2
10	3.10	3.142	+ 0.042	+ 1.3
15	4.66	4.670	+ 0.010	+ 0.3
20	6.23	5.201	- 0.029	- 0.45

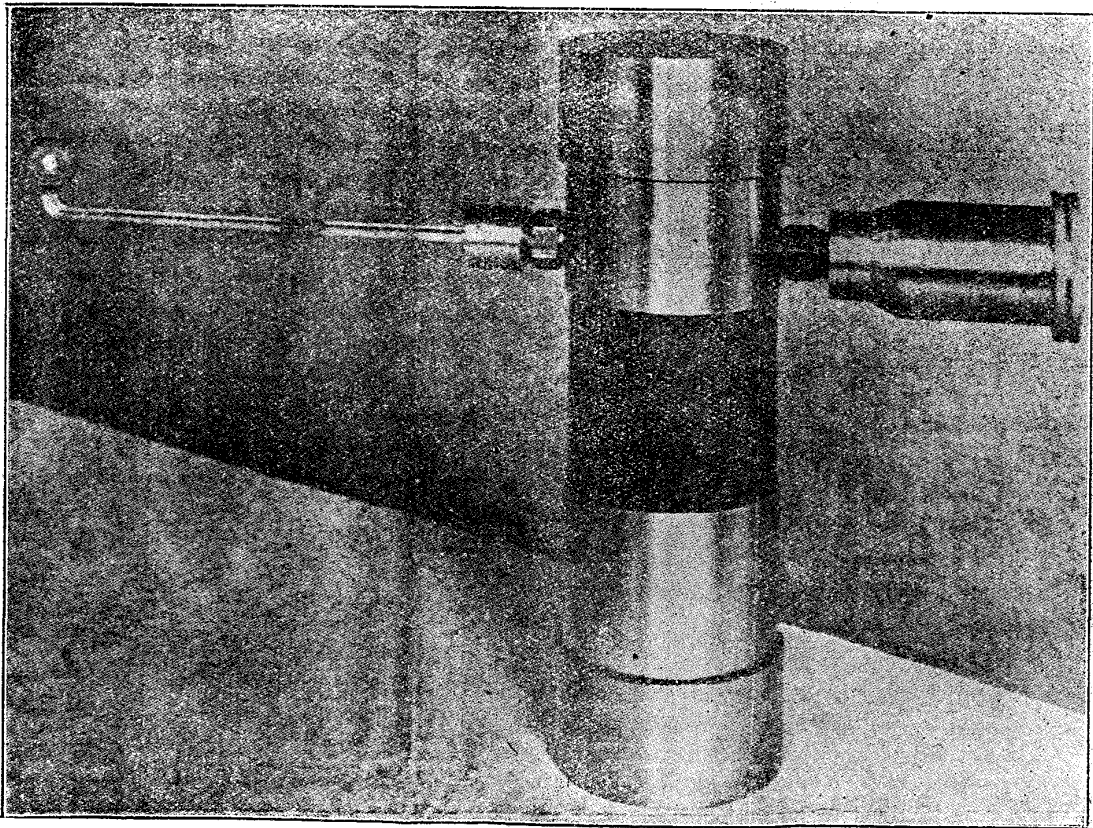
Machine used: Buckton's 50 Ton Testing Machine in Tokyo  
Imperial University.

Date: Oct. 19th, 1920.

第一圖



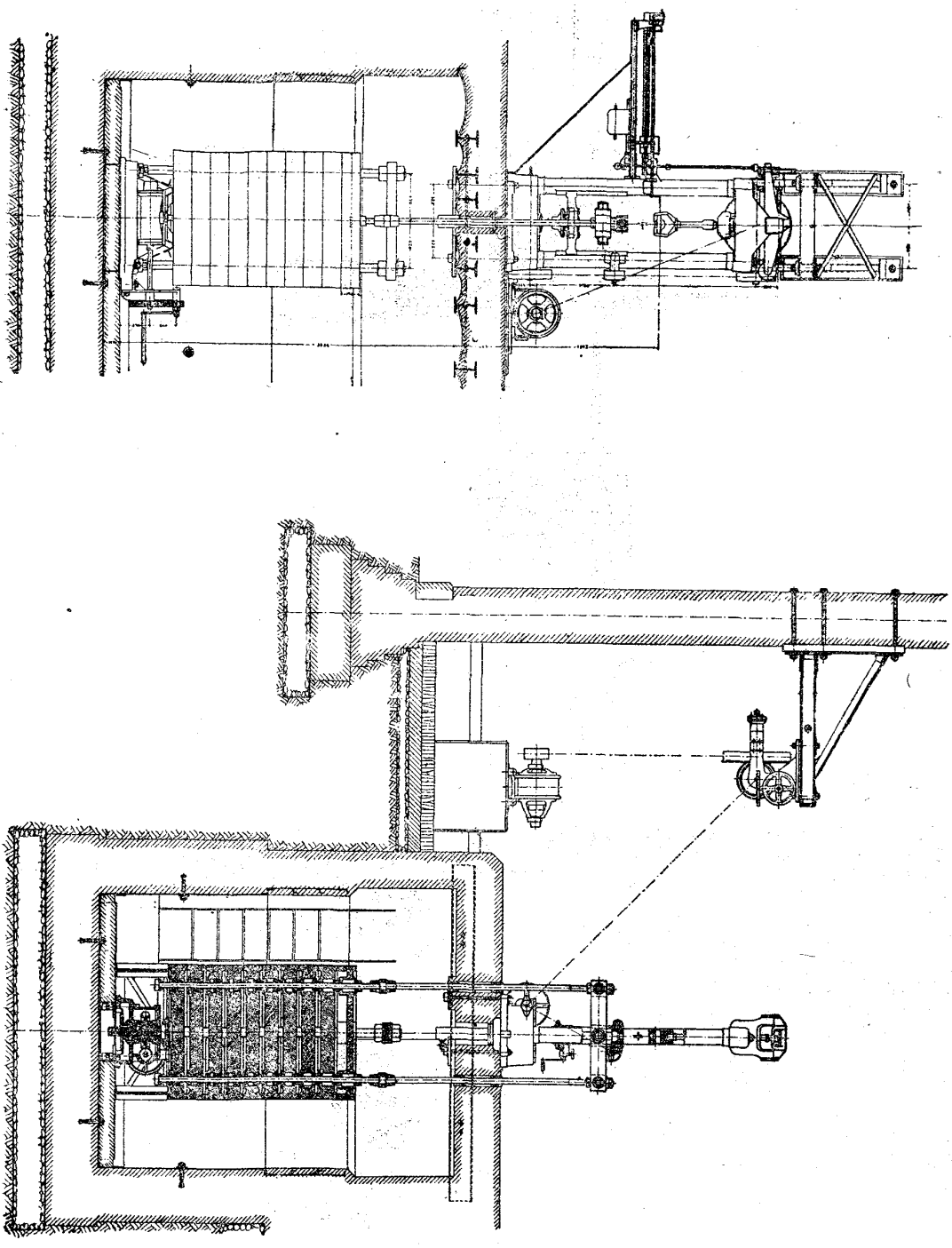
拔  
萃  
材料試験機の檢定に就て

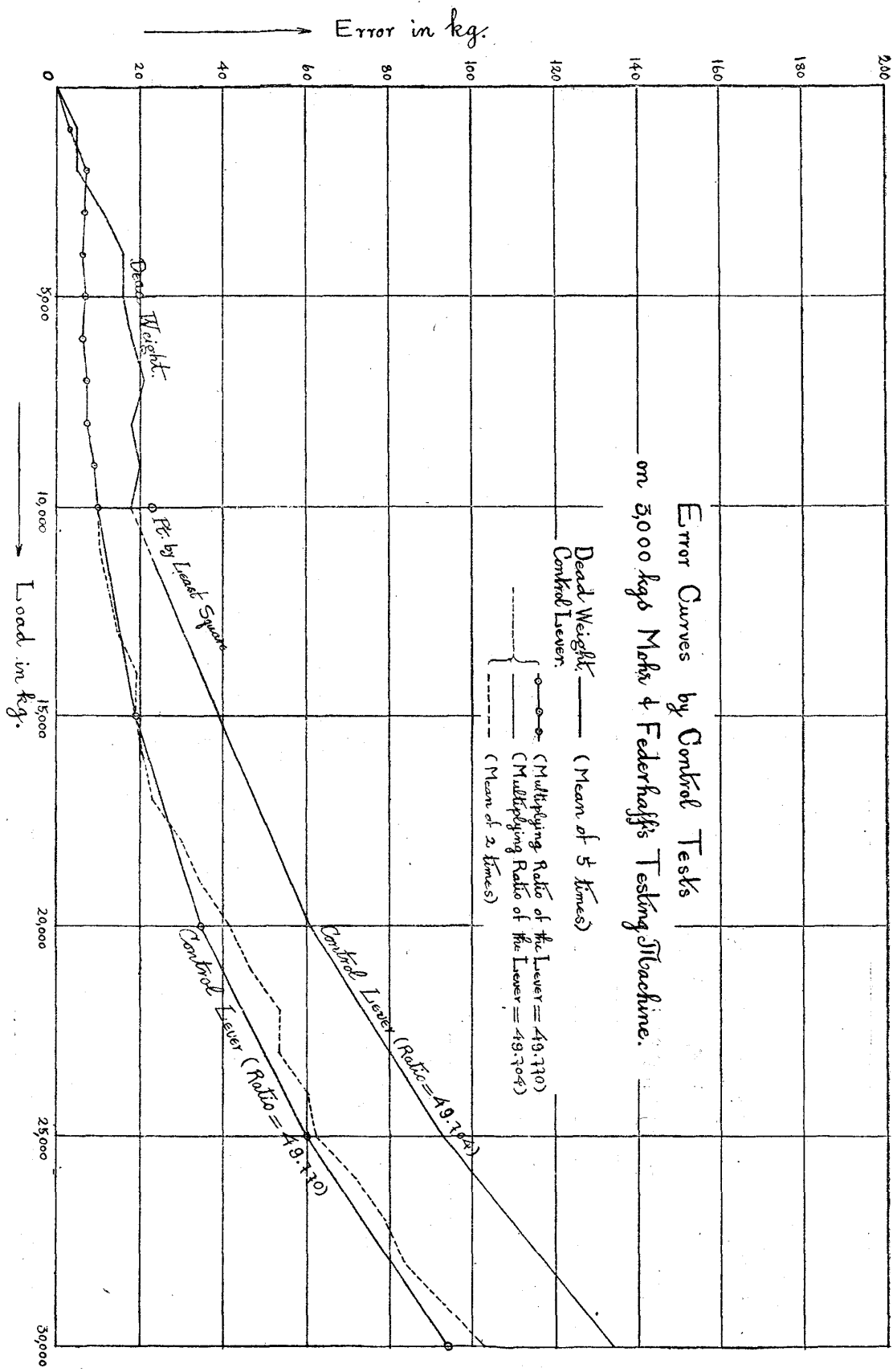


*Belastungsvorrichtung.*

*Dead Weight Apparatus Fitted*

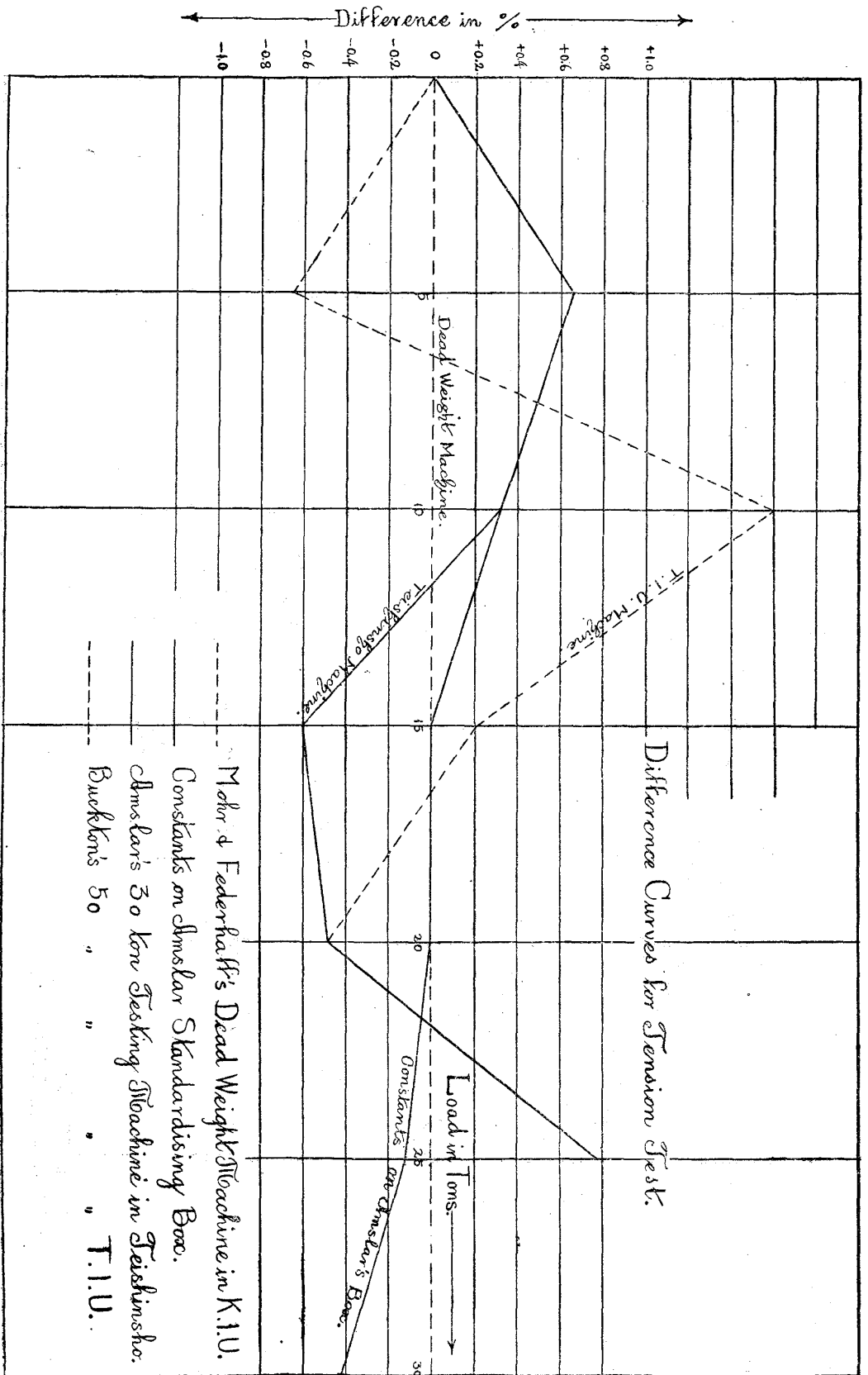
*with 30 ton Mofn & Federlast's Testing Machine.*



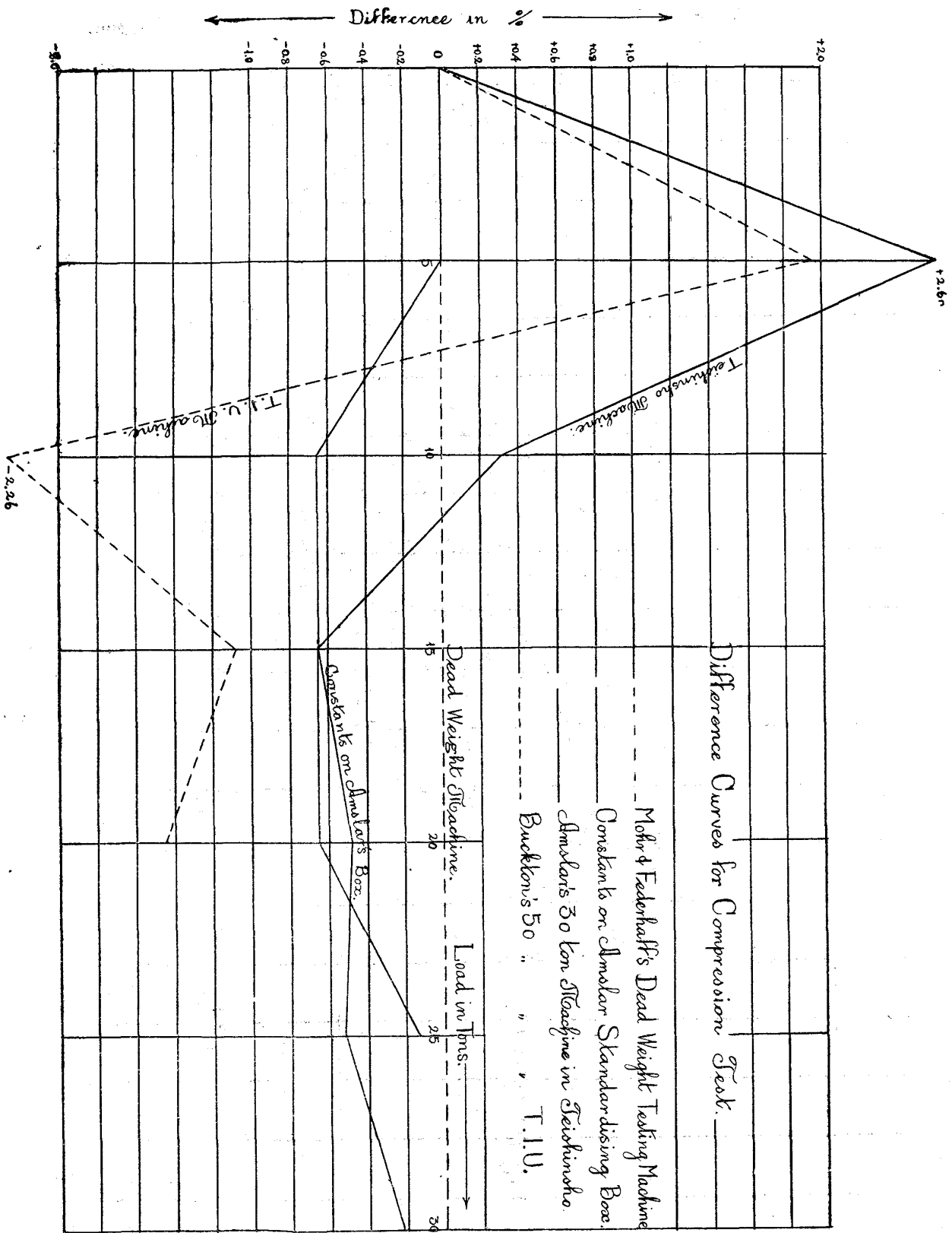


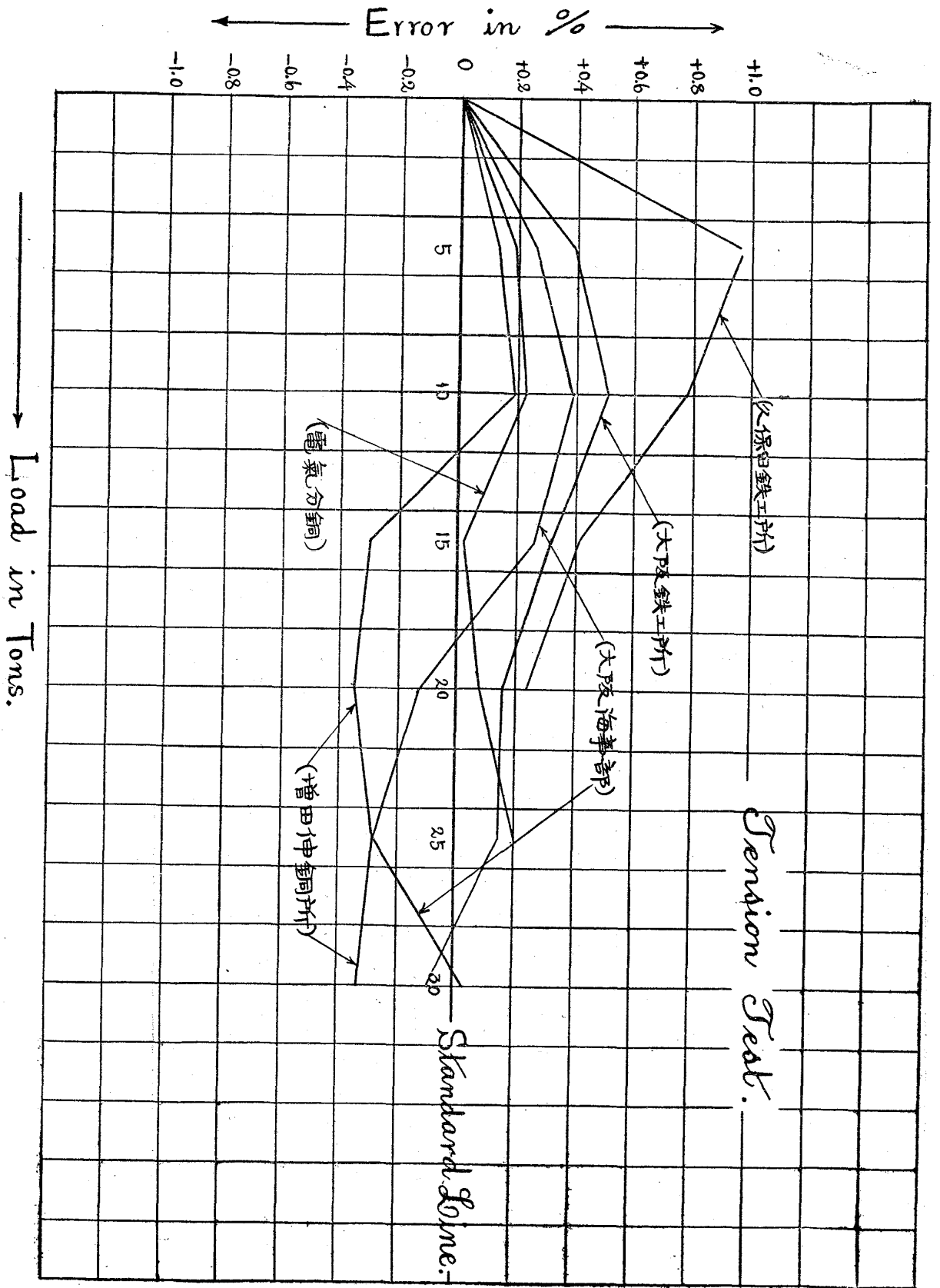


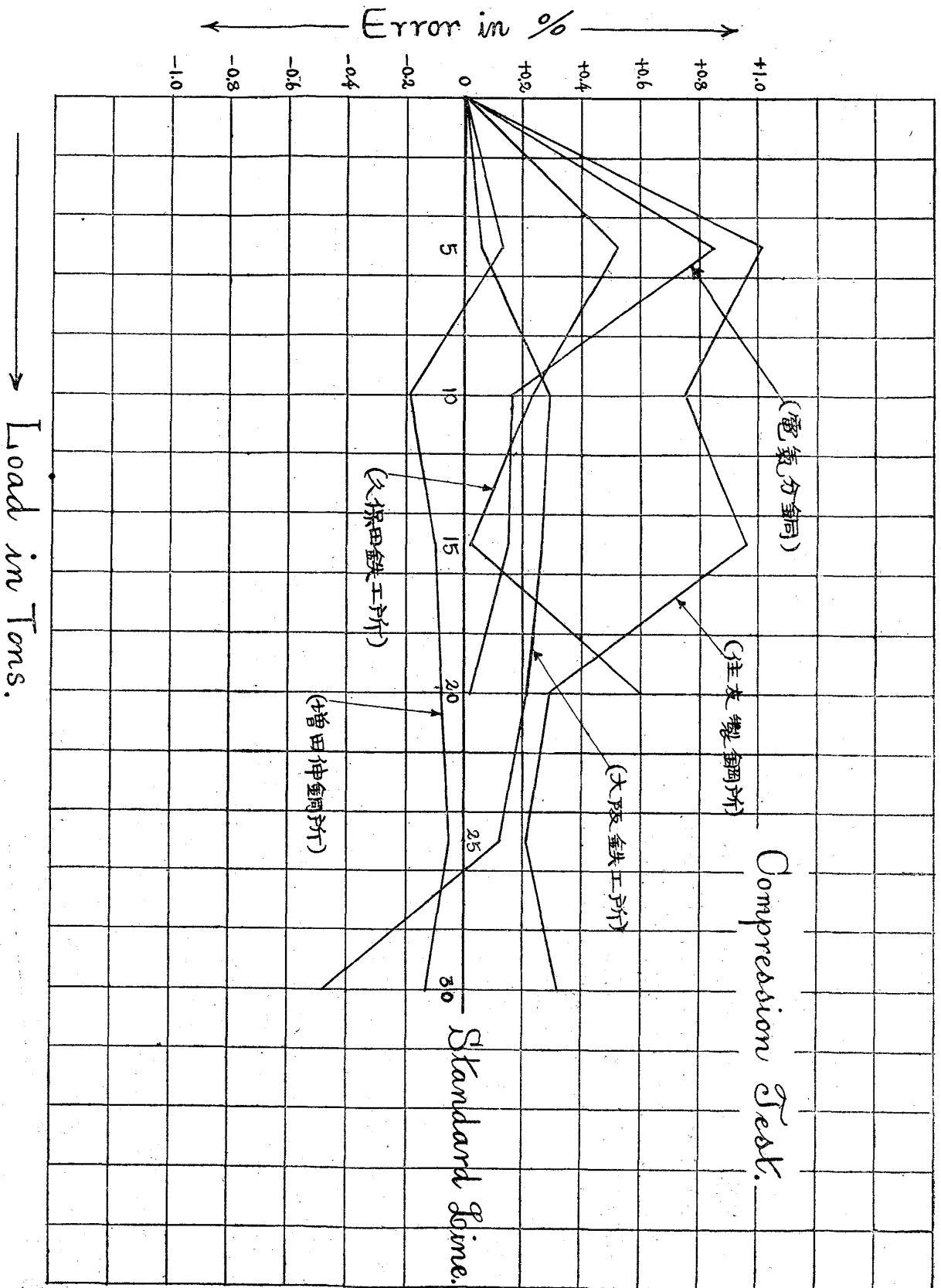
第四圖



第 五 圖







第七圖