

材料試験機の検定について

正員 工學士 石 塚 長 三

緒 説

今次戦亂の影響として吾が邦、諸般の工業は頗る異常の發展を促進され、一躍して世界の主なる工業國の班に列するに至れり。就中、造船造機に關する工業は最も著しき進歩を見たり。而して是等工業の基礎の一たる、材料に關する研究につきては、各學校、研究所工場等に於て競ふて、物理的に化學的に或は顯微鏡的に種々なる方法を以て盛んに攻究せられつゝあり。

爰に述べむとするは物理的試験法の内、靜荷重試験、即 Statical Test. に使用する材料試験機の指示荷重が果して正當なりや否やを検定する方法に關してなり。

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 Buckton, Denison, Greenwood, 米國の Olsen, Riehle, 獨逸國の Mohr und Federhaff, Losenhausen, 瑞西國の Amsler, 等の諸會社製のものにて此外多少の内地製のものをも含み、最も多く行はるゝは Buckton, Olsen, Riehle, の三式なり。

是等試験機の主なる原理は槓桿式のものと水壓式のものと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、使用するにつれて次第に誤差を發生するものなり。此の誤差の主なる原因は

(1) 摩擦損耗。(2) 取扱上の影響。(3) 熱の不均等。(4) 材料の彈性に依るもの。(5) 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、エツヂ」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ゝ思考せらる。

一般造船材料に關しても、吾が造船規程には第一章總則に於て、材料試験機は検査官吏の檢定を経たるものを使用すべしと明記のあるに係らず、從來は本問題に關して餘り多

くの注意を拂はざりしは甚だ遺憾なることゝす。嘗て同一鉸釘鋼棒の圓材より試験材を製作し、神戸製鋼所、川崎造船所、三菱神戸造船所及び逓信省管船局の四機によりて比較抗張試験を施行したる結果によれば、二十四噸附近の破截荷重に於て機によりて約一噸半の差異を認めたり、今、是等を律すべき正確なる標準物なしとせば甲の試験機に合格せる材料も乙試験機にては不合格となるが如き、矛盾せる結果に到達すべし。

依つて是等を理論的に而かも實際的に正否を檢定することは頗る緊要なる事なりとす。

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

- (1) 彈性率の既知なる標準試験鋼棒を彈性の比例する 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。
- (2) 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。
- (3) 佐藤製衡所製、檢定衡による方法。
- (4) 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。(1) より (3) 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 (4) 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』

1. 本器の目的。

本器は豫め、正確なる「デッド・ウェイト」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機の正否如何を檢定せむとするものなり。

2. 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充填し其末端は「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「プランジャー」を以て管内に侵入せる「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」自身の目盛は百等分され其百分の一は肉眼にて大約十分の一までは讀み得るものとす。

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」を前後に移動する譯なり。

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讀み、是に依つて鋼製圓筒の容積の變化を測定し得る裝置なり。

圓筒壁の薄きも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」の回轉の讀みは「ステム」上に刻入されあり。

3. 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「モール・ウンド・フェデルハフ」材料試験機及び其加重裝置を採用せり。

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裝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、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。

(1). Controlling by Direct Loading of Dead Weight.

別圖に示す如き加重裝置の機械に於て、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 Poise Weight 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。

其結果は第一表に示せる如く、五回の平均に於て 1,000 kg の荷重に對し、Probable Indication は 1,002 kg 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。

TABLE I.

Control Test by Direct Loading of Dead Weight.

(Nov. 16th 1920.)

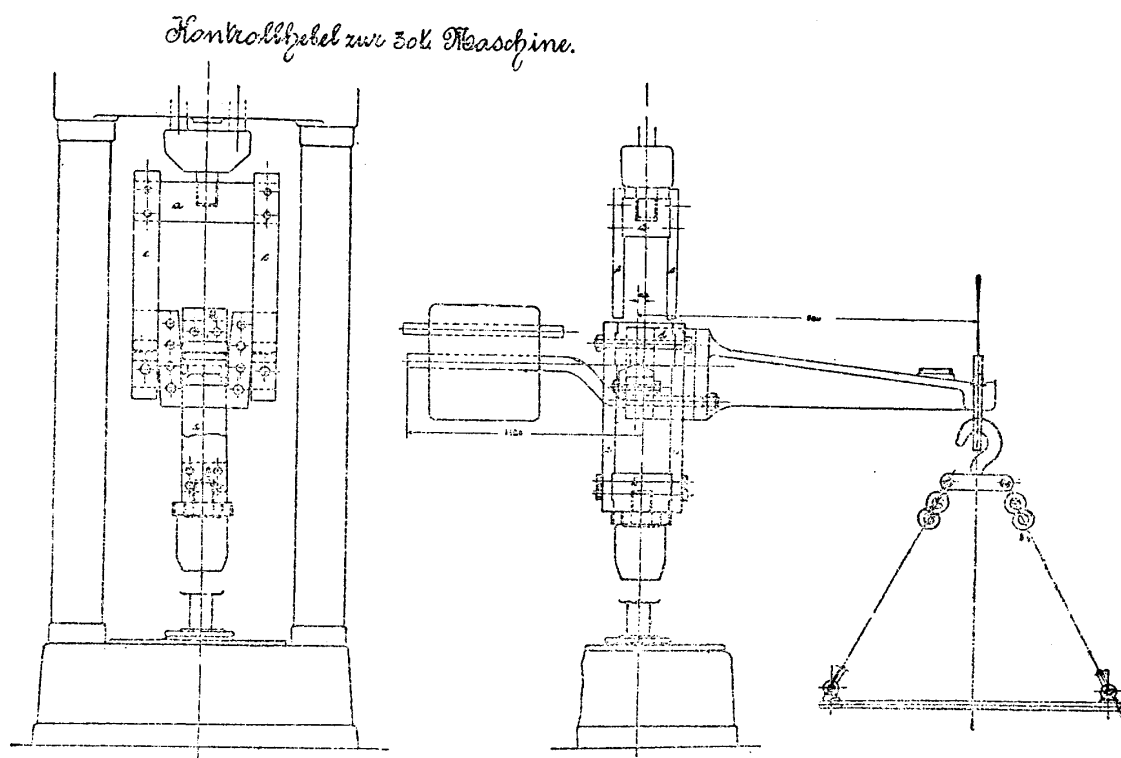
Load applied. kg.	Load indicated. (Mean of 5 tests) kg.	Difference (indicated—applied) kg.	Remarks.
1,000	1,005	5	Probable indication under 1,000 kg = 1,002 kg
2,000	2,005	5	
3,000	3,011	11	
4,000	4,016	16	
5,000	5,016	16	
6,000	6,018	18	
7,000	7,021	21	
8,000	8,018	18	
9,000	9,020	20	
10,000	10,018	18	

(2.) Controlling by Using a Control Lever.

次に、別圖に示す如き Control Lever を使用して Pan の上に 20 kg 宛の原器重錘を順次 600 kg 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 Lever の擴大比は次の計算に於ける如く、49.704 なることを發見せり。即ち Pan 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ゝ譯なり。

第三表は此測定の結果を示せるものなり。



(3.) Determination of the Error of the Testing Machine used.

前記 Direct Load 及び Control Lever 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。

$$\begin{aligned}
 \text{Now put } L &= \text{Actual Load} \\
 &= x \cdot P. \\
 &= A - a \\
 &= B
 \end{aligned}$$

where

P = Weight on Pan in kg.

x = Multiplying Ratio of the Control Lever.

A = Reading indicated in kg.

a = Error observed by Direct Loading in kg. (in the Table II.)

Above equation holds in the series of observations, therefore by Method of Least Square the multiplying ratio " x " will be determined.

Put

$$x. P - B = Z$$

TABLE. II.

P	P^2	B	$P. B.$
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		7,654,440

$$\text{then } \Sigma(x. P - B)^2 = \Sigma z^2 = y$$

In order that the " y " be minimum, $\frac{dy}{dx}$ must be zero. Therefore

$$2 \Sigma P(x. P - B) = 0$$

whence

$$x = \frac{\sum P.B.}{\sum P^2}$$

By the observation result, the calculation follows as the table II.

$$x = \frac{7,654,440}{154,000} \\ = 49.704$$

In the correction curve of Errors, the actual loads below 10 tons are due to the Direct Loading, and above 10 tons those by the Control Lever are adopted.

when	$P=200$ kg,	$L=x.P.= 9,941$ kg.
when	$P=300$ kg,	$L=x.P.=14,911$ kg.
when	$P=400$ kg,	$L=x.P.=19,882$ kg.
when	$P=500$ kg,	$L=x.P.=24,852$ kg.
when	$P=600$ kg,	$L=x.P.=29,822$ kg.

以上の Controlling 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 Curve にて示せば第三圖の如き Diagram を得。圖に於て一〇噸までは “Dead Weight” と記せる曲線を取り、一〇噸以上は “Control Lever” (Ratio, $x=49.704$) と記せる曲線が基礎となる Error Curve なり。

此 Curve に仍つて最後に Box. の Reading を check して始めて眞の値を決定し得べし。

因みに、本機の Lever Ratio “ x ” 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、 $x=49.77$ 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、又該試験機も頻々と使用し來れる爲め、今回、自分の實驗の結果 $x=49.704$ 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、 $x=49.704$ なる値を採用することに決定せり。

さて上記の結果より使用材料試験機の指示荷重を訂正すべき誤差は次表の如し。(第三圖參照)

Correcting Errors.	Error in kgs.	0	16	18	39	61	93	134
	Load in Tons.	0	5	10	15	20	25	30

4. 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験機の誤差を確めたる後、愈々本實驗に入れり。其結果は第五表及び第六表に示せるが如し。本實驗に於ては器を形成せる材料の Hysteresis Effect を控除するため、實驗前に Blank Test 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「読み」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 Set 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に感ずること極めて鈍く、故に「ステム」上に刻入せる「コンスタント」の小數點以下第三位の數に於て一乃至二は頗る曖昧なるものと言はざる可らず。

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(抗張試験)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。『Set の處置に就いて』。

上述の理由によりて荷重零點に於ける Ascending と Descending との「読み」は必ずしも一致せず、常に僅少の Set 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「読み」は「上り」に depend するものにて、「下り」には即ち、此の Set 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「読み」に此 Set を附加したるものを以て「下り」の「読み」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、即ち第七表なり。

尙、又、昨年十月中遞信省備付「アムスラー」三〇噸材料試験機及び東京帝國大學工學部備付「バックトン」五〇噸材料試験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八表に示せり。

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・

%以内にて抗張試験に於て平均 0.07% 壓縮試験に於て、平均 0.42% の誤差を見る。但し、是等は後章に論ずる如く、材料の Hysteresis Effect 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」を使用して大阪地方に介在する若干の材料試験機を検定せし結果、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」式二萬疋材料試験機
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

5. 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、殘留性延伸、温度の影響及び實驗上の取扱等に歸因するものなり。

Hysteresis Effect に関しては材料の Residual Elongation 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 Plasticity を恢復して再び大なる伸張を呈し、Permanent Set 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 Blank Test を一、二回、全荷重まで施して、Set 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。

次に温度の影響に関しては「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 Modulus of Elasticity, E. の値は實驗上、攝氏四十度の差にて僅かに 1.0% 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、其管内にある長さには、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熟練を経ざれば「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諸原因のために、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 Margin を附加して一般の許容誤差を $\pm 1.5\%$ 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、Dead Weight にて check 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。

一般材料試験機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 Critical Friction. 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“Angle of Sensibility”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八分の一吋宛、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裝置に導き、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。

終りに本器の檢定器として價值如何につき一言せ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るも、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裝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 III.

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	1,990.8	1,998.0	7.2
60	2,986.2	2,993.0	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 IV.

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	56.6	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 V.

Tension 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	0.912	0.896	0.914	0.917
3,984	4.000	1.214	1.305	1.183	1.205	1.210	1.223	1.228
4,984	5.000	1.528	1.600	1.534	1.520	1.517	1.540	1.515
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	4.64	4.712	4.650	4.623	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

24,907.3	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. -0.080	+0.020	-0.047	-0.036	+0.019	set. -0.0248	-0.025

TABLE VI.

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	1.217
4,984	5,000	1.540	1.521	1.546	1.560	1.570	1.547	1.552
5,982	6,000	1.874	1.824	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	7.661
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	4.612
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. -0.081	+0.020	+0.024	+0.010	+0.120	+0.0329	+0.033

TABLE VII.

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 VIII.

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	+2.60	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.

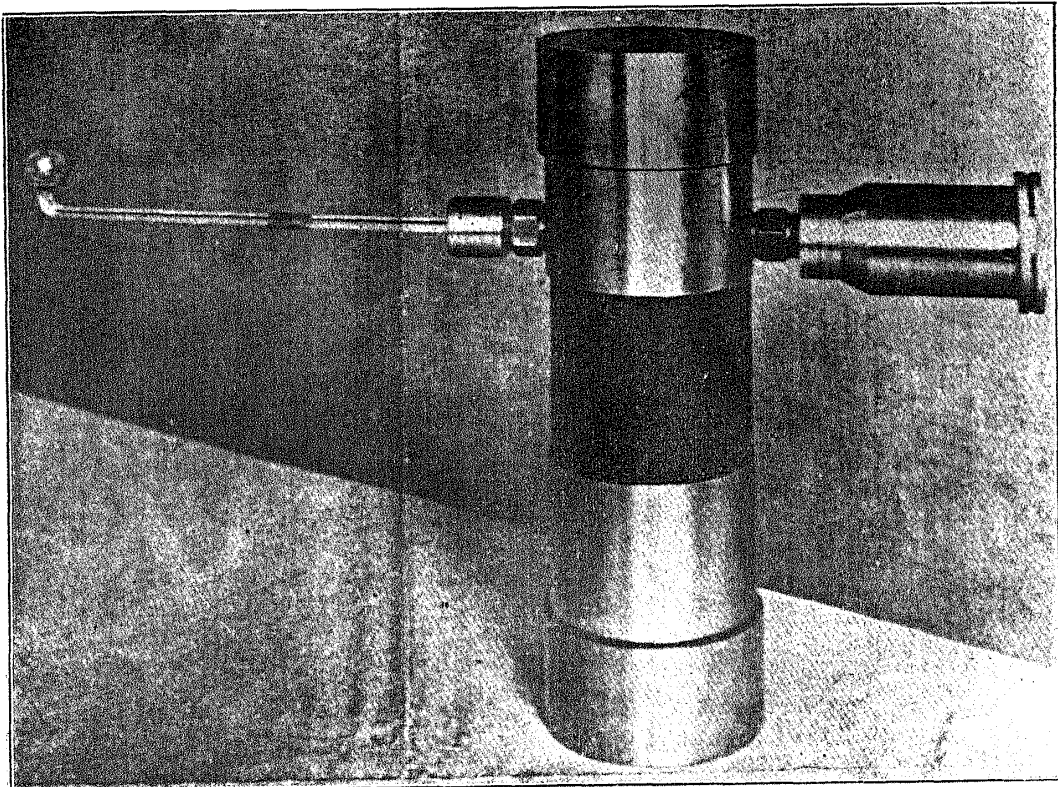
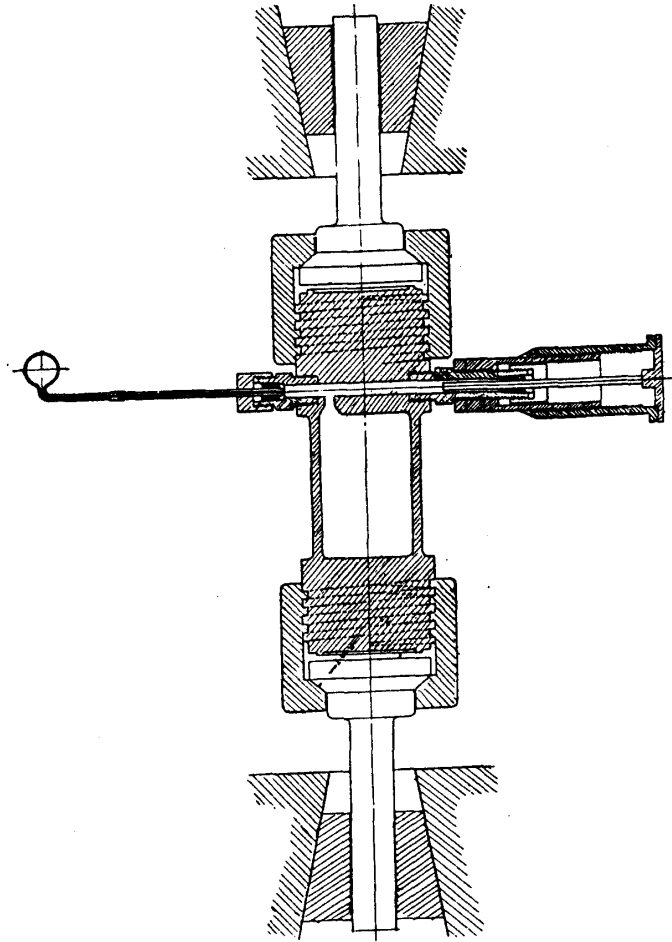
(Mean of 10 times.)

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



第 11 圖

*Belastungsvorrichtung.
Dead Weight Apparatus Fitted
with 30 ton Motor & Federhaff's Testing Machine.*

