

凍船が出来ますれば如何に遠洋へ行つても——北海へ行かうが南洋へ行かうが、非常に遠く乗出して漁業をすることが出来る譯でございますから、他國の領海へさへ這入らなければ如何なる所に参りました所が、又そこに如何に自由勝手な、氣儘な民族が住んで居りました所が、我々を排斥することは出来ないのであります、陸上では排斥されて居る所の我國民に取つては非常に重要な問題であると思ひます、其大問題に關係のある所の漁船の御設計及び其結果等を今日我々に御講演下さいまして、非常に我々に取つて有益であつたと考へるのであります、此點に於きまして殊に深く講演者の勞を謝したいと思ひます

一同拍手

○會長代理(末廣恭二君) 續いて妹澤君に御講演を願ひます

矩 形 板 の 應 用

准 員 工 學 士 妹 澤 克 惟

矩形板が周邊を固定せられて、板面に直角なる外力を受ける場合に、其板の應力が如何なる状態にあるやは、從來二三の人々によつて研究せられて居りますが、或者は單に假定に基づく數式を作つてあてはめんとし、或者は甚だ不完全な實驗を以て其状況を表はさんとし、何れも十分に信を措くに足らないのであります。此に於て著者は一兩年前より、理論的な數式を作つて内力の分布を解き、且又一方には比較的正確なる實驗をやり、數式によつて得られた結果と比較した所が、其結果は割合によく合ふ事が明白になつて來たのであります。然るに茲にこの論文を發表する約一ヶ月前、佛蘭西の Pigeaud といふ人の書物¹⁾に、甚だ込入て居つて取扱に厄介ではあります、可成り立派な方法で、數學的解法が載つて居るのが判つたのであります。即著者は早速其方法を用ひて計算して見た所が、其結果は著者の數式的解法並に實驗と割合によく一致する事がわかり、茲に一層の確信を得た次第であります。

I 數學的解法 其一 [著者の方法]

この解法に於て次の如き記號を用ひる事とします。

1) Gaston Pigeaud:—Résistance des Matériaux et Élasticité (1920).

a, b = 矩形板の幅と長さ

t = 板の厚さ

x, y = 板の中心線に作つた XY 軸に関する座標

w = Neutral surface の撓み

E = Young 率

$\frac{1}{m}$ = Poisson の比

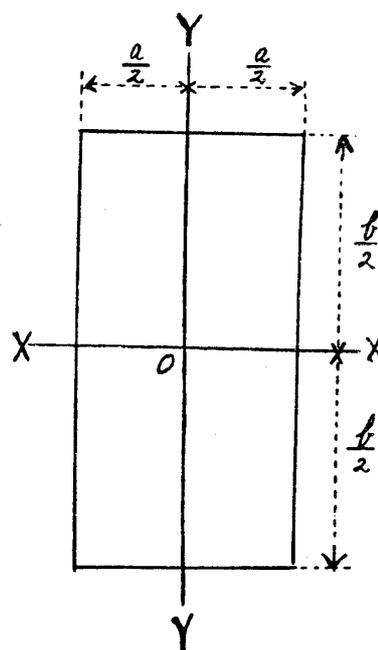
p = 均一 (一様) なる荷重

$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau_{xy}$ = 夫々 XX, YY, XY に平行なる垂直内力及剪

内力

$$I = \frac{t^3}{12}$$

$$D = \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} \frac{Et^3}{12}$$



一般に一様なる厚さの平板が其面に垂直なる外力を受けて平衡の状態にある爲には、其板の何れの點を取つて考へても次の如き微分方程式が成立する必要があります。

$$\frac{1}{12} \frac{Et^3}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = f(xy)^2) \dots \dots \dots (1)$$

但し $f(x, y)$ は (x, y) なる點の單位面積に直角に働く外力であります。而してこの方程式は面の撓みが極く僅かなる場合、³⁾ 即ち撓みが厚さに比較して小なる場合には正しく應用され得るものであります。

矩形板が四邊で固定されて居る場合には其固定邊で撓みと板の傾斜が零となる事を要します。即この問題に於ては $x = \pm \frac{a}{2}$ 及 $y = \pm \frac{b}{2}$ に於て $w = 0$, 又 $x = \pm \frac{a}{2}$ で $\frac{dw}{dx} = 0$, $y = \pm \frac{b}{2}$ で $\frac{dw}{dy} = 0$ になる事を必要とします。

扱て前述の微分方程式及上の boundary conditions を總て同時に満足させる事は非常に厄介でありますから著者は次の如き近似法をとる事に致しました。

即板の各部分が平衡にあるべき前述の微分方程式はすべて満足し、又周邊で撓みが零

2) Föppl:—Vorlesungen über Technische Mechanik V 其の他の書

3) John Prescott:—The Equation of Equilibrium of an Elastic Plate under Normal Pressure (Phil. Mag. Jan.-1922).

となり、周邊での傾斜はすべてが零とはならず、只長邊の中點のみが完全に零となり、他の點では極く僅かの傾斜を残すといふ方針を取る事にしたのであります。

今撓み w は次の如き形であると假定します。

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} + C \left(1 - \frac{x^2}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}\right) \left(1 - \frac{y^2}{\left(\frac{b}{2}\right)^2}\right) \dots \dots \dots (2)$$

但し m と n は奇數なるを要し、 A_{mn} 及 C は後の條件で決定さるべき恒數であるとして、この様な形式を取つたのは決して出鱈目ではなく、右邊の初めの級數の項は矩形板が周邊で支持される場合にとる形、⁴⁾ 又後の級數ならざる項は長さ a なる linear beam の場合に固定端を有する梁の elastic curve を出すに當り常に single infinite series の項に、 $C \left(1 - \frac{x^2}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}\right)$ なる項を加へればよいといふ事がわかつて居るのに據て之を導き出

したのであります。上の式を用ふれば周邊では撓みが零となり、平衡の微分方程式も後述の方法で満足致し又周邊に於ける板の傾斜も次の方法で調整せられるのであります。

若し a 邊が b 邊よりも小であるとすれば、長邊の中央で傾斜が零なりとする條件から次の關係を得る事になります。

$$\pi \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} m \sin \frac{m\pi}{2} + 4C = 0 \dots \dots \dots (3)$$

此様にすると周邊の傾斜が何れも小である事が後に計算の結果判ります。

茲に於て第(1)式を第(2)式に入れます。然る時は

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \left[\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 \right]^2 \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} + \frac{8C}{\left(\frac{a}{2}\right)^2 \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \frac{f(x, y)}{D} \dots \dots \dots (4)$$

但し $D = \frac{1}{12} \frac{Et^3}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2}$ この關係は $f(x, y)$ が板の中心線に對して對稱なる場合には常に成立致しますが今は $f(x, y) = p$ と置きます。之は船の外板等に關係がある場合にはすべて p なる constant pressure でよいから、外力は常に p なりとして議論を進める事に致します。

4) Clebsch:—Theorie de l'Elasticité des Corps Solides de M. de Saint-Venant (1883).

(3) 式及 (4) 式から A_{mn} 及 C を決定すれば問題は解決出来るのでありますが、今は最も便宜の爲先づ (4) 式から C はわかつたものとして普通の Fourier の double series の係数を定める遣方で A_{mn} を出します。即

$$A_{mn} \left[\left(\frac{m}{a} \right)^2 + \left(\frac{n}{b} \right)^2 \right] \pi^6 = \left[\frac{p}{D} - \frac{8C}{\left(\frac{a}{2} \right)^2 \left(\frac{b}{2} \right)^2} \right] \frac{16}{mn} \sin \frac{m\pi}{2} \sin \frac{n\pi}{2} \dots \dots \dots (5)$$

を得ます。この式により A_{mn} は C を含んだ式で表はされた事になります。

斯くて得られた A_{mn} の夫々の値を (3) 式に代入すると C に関する一元方程式が出来、之から C の値がわかる筈であります。この C の値を更に (5) 式に代入する事により、夫々の A_{mn} の値が定まる事になります。猶上に出て来た級數及後に出る多くの級數の計算は、速に converge する爲、第六項目位迄取る事に致しました。

こゝで注意を要すべき事は、斯の如く考へた板の elastic surface は果してどれ位實際に近い状況にあるかを知る事であります。之には Fig. I を見れば、著者の所謂 clamped edge の傾斜が、單に支持せられたる場合に比較して如何に小なるか、寧ろ殆んど看過し得る程度のものなる事が判明するのであります。但しこゝには $\frac{b}{a}=1$ 及 $\frac{b}{a}=2$ の場合しかやつてありませんが $\frac{b}{a}$ の比が増加するに従ひ短邊に於ける傾斜は次第に増加するのは致方ありません。然し遂に $\frac{b}{a}$ が無窮大になると普通の clamped beam の場合となり再び適當なるものを得る事になります。

次に、板の中心に於ける撓みは一つの都合よき比較となる數量であります。之を種々の $\frac{b}{a}$ の比に對して計算して、 $\frac{p a^4}{D}$ の term で出したのが Fig. II であります。この圖を見ればよくわかる様に、 $\frac{b}{a}=2$ の近所では撓みに於て殆んど $\frac{b}{a}=\infty$ 即、linear beam の場合に接近して居る事がわかります。又 $\frac{b}{a}=2, 3$ の近所で撓みが $\frac{b}{a}=\infty$ の場合よりも少し大になつて居るのは多少變で御座いますが、之は數學的解法としてよくある例で、極く僅かですから已むを得ないものとします。

板に於ける撓みの分布は (2) 式から計算されますが今は一例として $\frac{b}{a}=2$ の場合を Fig. III に示して置きます。

板に於ける垂直の歪み $h \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$, $h \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ 及切面歪み $h \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$ は次の如くなります。

$$\left. \begin{aligned} h \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= -h \left[\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} + \frac{2C}{\left(\frac{a}{2} \right)^2} \left(1 - \frac{y^2}{\left(\frac{b}{2} \right)^2} \right) \right] \\ h \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} &= -h \left[\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 \cos \frac{m\pi x}{a} \cos \frac{n\pi y}{b} + \frac{2C}{\left(\frac{b}{2} \right)^2} \left(1 - \frac{x^2}{\left(\frac{a}{2} \right)^2} \right) \right] \\ h \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} &= h \left[\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \frac{mn\pi^2}{ab} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} + \frac{4Cxy}{\left(\frac{a}{2} \right) \left(\frac{b}{2} \right)} \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots (6)$$

従て、 XX , YY 及 XY に平行なる垂直内力及切面内力は次の如き式の中へ (6) の値を代入して得られます。但し h は或點の neutral surface からの距離とします。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xx} &= -\frac{Eh}{1 - \left(\frac{1}{m} \right)^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{m} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \\ \sigma_{yy} &= -\frac{Eh}{1 - \left(\frac{1}{m} \right)^2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{m} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \\ \tau_{xy} &= -\frac{Eh}{1 + \frac{1}{m}} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots (7)$$

矩形板に起る内力として其大さの limits となるべきは、板の中心並に板の周邊の中央なるべきは明でありますから、著者は上の式を用ひて夫等の點に起るべき内力を算出したのであります。而して内力は一般に $\frac{b}{a}$ なる比、 $\frac{pha^2}{I}$ 及 Poisson の比 $\frac{1}{m}$ の函数となるのであります。板の周邊に於ては $\frac{1}{m}$ にも無關係となる事がわかります。Fig. IV に於てはこの内力の大さが種々の $\frac{b}{a}$ の値に對して記してあります。又板の中心に於ては Poisson の比 $\frac{1}{m}$ がきいて參りますから今は $\frac{1}{m} = \frac{1}{4}$ として計算した結果を記して置きます。この圖でわかる様にどの内力も撓みの場合と同様に $\frac{b}{a} = 2$ の近所で $\frac{b}{a} = \infty$ の場合の値と殆んど同じになる事が知られるので御座います。

猶板の表面に於ける聯立内力を σ_p と致しますと其大さは

$$\left. \begin{aligned} \sigma_p &= \frac{1}{2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) \pm \sqrt{\frac{1}{4} (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + \tau_{xy}^2} \\ \text{で計算され又其が } X \text{ 軸となす角 } \theta \text{ は} \\ \tan 2\theta &= \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (8)$$

で與へられる事は申す迄もありません。

$y = \pm \frac{b}{2}$ なる fixed edges に起る reaction は

$$R = -\frac{EI}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} \left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} \right) \dots \dots \dots (9)$$

なる式に於て $y = \pm \frac{b}{2}$ と置けば得られる譯でありますが其結果は $\frac{b}{a}$ の比及 pa なる項で表はされ、其中で極限ともいふべき邊の中點及角に於ける reaction は Fig. V によつて表はされます。こゝで注意すべきは板の角に於ける reaction は邊の中央のものとは反對の sense になる事であります。之はつまり板が跳ね返らうとするのを喰ひ止める事になるのであります。又 reaction の場合にも $\frac{b}{a} = 2$ の近所で $\frac{b}{a} = \infty$ の場合に近づく事がわかります。

II 數學的解法 其二 [Pigeaud の書にあるもの]

前に一寸 refer して置いた Pigeaud 氏の解式にては w を次の如く取つたのであります。即、

$$w = W + \sum_{m=1}^{\infty} C_m w_m + \sum_{m=1}^{\infty} C'_m w'_m \dots \dots \dots (10)$$

以上の中で W は

$$\frac{1}{12} \frac{Et^3}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)^2} \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = f(x, y) \dots \dots \dots (11)$$

を満足し、 w_m 及 w'_m は上の w の代りに置く時は $f(x, y) = 0$ の如き形になる様な函数で、 W, w_m, w'_m は共に周邊では零となり、 C_m, C'_m を適當に擇ぶ事により其傾斜が零となるべきであります。其爲には周邊の二邊に一致して X 及 Y 軸を取り

$$W = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \quad (m, n, \text{奇數}) \dots \dots \dots (12)$$

と置き前と同様な方法で A_{mn} を單獨に決定して W を算出しこの W の周邊に於ける傾斜を打消す様に w_m, w'_m を加へればよいのであります。 w_m, w'_m は所謂 plane strain の function に相當するもので次の如く置くのが普通であります。⁵⁾ 即

5) Inglis:—Two dimensional stresses in rectangular plates (Engineering Oct. 7. 1921).

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \varphi(y) \sin \frac{m\pi x}{a}, \quad \varphi(y) = y \left[e^{\frac{m\pi y'}{a}} - e^{-\frac{m\pi y'}{a}} \right] + y' \left[e^{\frac{m\pi y}{a}} - e^{-\frac{m\pi y}{a}} \right], \quad b - y = y' \\ w_m' &= \varphi(x) \sin \frac{m'\pi y}{b}, \quad \varphi(x) = x \left[e^{\frac{m'\pi x'}{b}} - e^{-\frac{m'\pi x'}{b}} \right] + x' \left[e^{\frac{m'\pi x}{b}} - e^{-\frac{m'\pi x}{b}} \right], \quad a - x = x' \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

の如くすれば w_m w_m' は (1) の如き微分方程式を満足し、且つ周邊で零となります。

多くの w_m w_m' を採用する事は甚だ厄介になり、実際には殆んど應用出來ぬものとなりますから、著者は w_1 w_1' のみを取て計算したのでありますが、之とても誠に煩に堪へないのであります。今

$$w = W + c_1 w_1 + c_1' w_1'$$

ととり、長短兩邊の中央點で板の傾が零となる様にしたのでありますが、夫のみにても周邊のすべての點の傾斜が、殆んどわからぬ位になる事が、前の Fig. I に示してあります。

次に著者の方法と同様にして、種々の $\frac{b}{a}$ に對する中心の撓み、内力の大きさ及び fixed edges に於ける reaction を算出し、Fig. II, Fig. IV, Fig. V に夫々記して置きました。何れを見ても著者の結果と殆んど相似て居る事が知られます。又 Fig. VI には $\frac{b}{a} = 2$ の場合に於ける撓みの分布が示してあります。

猶 Fig. II 及 Fig. IV に於て Grashof の empirical に出した (寧ろ hypothetical) 式の結果を附加へて置きましたが、之は常識的に考へると理想に近いのでありますが、之を内力平衡の方程式に入れて見ると、何等根據のない勝手なものである事がわかります。

III 實 驗

著者は始め著者の理論を實驗に徴せんが爲に試験を企たのであります。實驗としては此迄 Bach, 獨逸海軍又は Montgomerie 其他のものがありますが其中最も緻密な實驗としては Montgomerie のものを擧げなければなりません。然るにこの實驗すらも其結果として得られた撓み、又は内力を見るに甚だ疑はしい點がある事を發見したので御座います。Montgomerie の實驗は鋼の板を別の鐵の frame に挟んで水壓を加へて居るのでありますが、然る時は frame も共に水壓の影響を受けて歪みを受くべきは明白であります。殊に鋼を deform する爲には可成の水壓を要し、従て無理が非常に増加します。斯る裝置を以て如何に精密な測定をして見た所で眞のものが出る譯はないのであります。

す。果して Montgomerie の實驗の結果を見るに、板を厚くして水壓を増すに従ひ其中心の撓みは實に大なるものになつて居るのであります。茲に於て著者の實驗は新にセルロイドの板 (48cm × 30cm × 4.07cm) を採用したので御座いますが、この板の使用は末廣先生の御指圖によつたものであります。而して frame は Fig. VII に示せるが如き鋼の frame を使用したのであります。然る時はセルロイドの彈性は鋼の彈性よりも遙かに低いものでありますからセルロイドのみが小さな水壓により正しい elastic deformation をやる事になります。

frame は約 1cm の厚さの鋼板二枚から成り、一枚は上側の frame とし一枚は下側の frame と致しました。下側のものは極めて平らな滑かな面を有し、上側の frame は矩形型に close せる楔を持つて居ります。この二枚の枠の間にセルロイド板を挟んで、下から水壓を加へますと、周邊の clamping の状態を極めてよくし、且つ板面に平行なる摩擦を割合に軽減する事になります。即この様にしても wedge から外のセルロイドの部分は常に水平なる傾斜を維持する事になる筈であります。この sketch は Fig. VIII a に載つて居ります。又ボルトの締め加減は殆んど手加減によりますが、之は幸な事には clamping の少ない時は勿論の事、少し clamping の度を過す時は frame の bending によつて水の leakage を起す事になり結局適當なる clamping は極めて狭い range にしか存せず、而も撓みの方は其前後に於て可成廣い range の間變らないといふ幸な事がある爲割合に樂に clamp する事が出来たのであります。

水壓は Fig. VIII b に示せるが如き装置によりました。水道の cock を極く僅かあけて置いて、Water Chamber の角等から漏り出る水を補ひます。而して極く僅かの開きは餘り影響はないのですが用心の爲 cock からの水は一度圖の如き装置の底の方へ入れて impulse の如きものを消す事にし、この水が又上へ上つて來て一部は溢れ出で、一部は Water bottle の上部から其中へ入ります。又 frame の下の water chamber には air pipe をつけて空氣の escape をはかりました。

水壓によつてセルロイドのなす撓みは dial gauge で計測致します。尤も其前後に水壓を加へない時の板の極く僅かの凸凹も測定して relative な撓みをとります。この dial gauge は $\frac{1}{100}$ m. m. の scale となつて居りますから目分量で $\frac{1}{1000}$ m. m. 迄は讀み得た譯で御座います。dial gauge は一つの slide rail に乗り、この rail は更に bridge となつて之に直角に位置せる rail の上に跨り、すべての XY-coordinates に於て deflection が計測出来る様にしてあります。これ等の rail は brass を以つて作つて置きました。

セルロイド板の Young 率は Olsen の testing machine で試験した結果 $E=21900\text{kg}/\text{cm}$ を得たのであります。又 Poisson の比は始め四角棒の torsional vibration から Saint Venant の formula により剛性率を出し之から計算したのですが、四角棒の torsional vibration が既に疑はしいので更にセルロイドの板に縦横二組の Marten の extenso-meter を附加して直接に測つたのであります。其結果 $\frac{1}{m} \doteq 0.3$ となつたので御座います、

セルロイドの板の厚さは 0.407cm で effective な邊は $18\text{cm} \times 36\text{cm}$ であります。水壓は二種類で $\frac{39}{1000}\text{kg}/\text{cm}$ 及 $\frac{66}{1000}\text{kg}/\text{cm}$ であります。大なる方でも撓みが 1.5m.m. 内外ですから、厚さに比較して低い程度のもので見做され、従て數學的解と比較して差支がない筈であります。

撓みの分布は五回許りの實驗の結果を平均して $\frac{p_0^4}{D}$ の項に直して表はしたのが Fig. IX に示してあります。其中心の撓みは比較の爲 Fig. II に載せて置きました。

尙この elastic curve から strain を直接 graphically に出す事は無論出来るのであります。其計算が極めて曖昧になるのを恐れ著者は板の中心の近所の縦横の方向及長邊の中點に於て夫々別々に

$$y = ax^2 + bx^4$$

の曲線であると假定して各々五六の點を取つて之を最小二乗法の遣方で a, b なる係數を定めて置いてから、この式を二度微分し、理論の (7) 式によつて垂直内力を算出し、之を Fig. IV に於て A, B なる點で示して置きました。之を見るに何れも理論に近い事が判明するのであります。

Fig. X は著者の理論、Pigeaud の方法及著者の實驗によれる短中心線の彈性曲線を示せるもので、割合によく接近し、且つ曲線の性質が相似て居るのを見るのであります。

猶 Montgomerie の實驗の結果と直接に比較せる數字を示せば次の如くなります。

壓力	$10 \text{ lb}/\text{sq}$	$20 \text{ lb}/\text{sq}$	$30 \text{ lb}/\text{sq}$	$40 \text{ lb}/\text{sq}$	
板の厚	$\frac{1''}{4}$	$\frac{3''}{8}$	$\frac{1''}{2}$	$\frac{3''}{4}$	
中心の撓み	Montgomerie	.2035''	.163''	.0896''	.0410''
	著者の理論	.205''	.121''	.0767''	.0304''
	Pigeaud の理論	.192''	.113''	.0718''	.0284''
	著者の測定	.210''	.124''	.0785''	.0312''

中心に於ける内力	Montgomerie	11.2 ^T / _{□□} (1)	10.0 ^T / _{□□} (2)	9.1 ^T / _{□□} (3)	5.8 ^T / _{□□} (4)
	著者の理論	10.0	8.9	7.5	4.5
	Pigeaud の理論	10.3	9.2	7.75	4.65
	著者の測定	10.0	8.9	7.5	4.5
短軸端に於ける内力	Montgomerie	12.2 ^T / _{□□} (1')	9.9 ^T / _{□□} (2')	8.2 ^T / _{□□} (3')	5.1 ^T / _{□□} (4')
	著者の理論	21.5	19.2	16.2	9.7
	Pigeaud の理論	22.1	19.6	16.6	9.9
	著者の測定	24.4	21.6	18.3	10.9

上の表中で著者の測定とあるものは、著者の実験で得られた結果を、其セルロイドに特有なる E 及 $\frac{1}{m}$ に無関係なるものに引直してから、更に Montgomerie の実験に於ける E 及 $\frac{1}{m}$ をあてはめて出したものであります。又 Montgomerie の結果は撓みの方は $\frac{\rho a^4}{D}$ の項で Fig. II に、又内力は $\frac{\rho h a^2}{I}$ の項で Fig. IV に記入してあります。但しこの場合中心に於ける内力として Montgomerie のものから絶対的なものに直すには理論第 (7) 式の括弧の中の $\frac{1}{m}$ が差障りとなりますから、 $\frac{1}{m}$ は $\frac{1}{4}$ にあらず、Montgomerie 其儘のものとして記入して置きました。これは逆に引直す場合に餘り差異がないからであります。

IV 結 論

之を要するに $\frac{b}{a}$ なる比が 2 の近所で $\frac{b}{a} = \infty$ の場合に近くなる事は、撓みから見ても、又は内力や reaction から見ても明かであります。又短軸の両端に於ける内力は中心に於ける内力の二倍近くである事も數學的解法又は実験に徴しても明かであります。而して $\frac{b}{a} = 2$ なる場合が $\frac{b}{a} = \infty$ の場合に似て来る事其自身が既に軸の両端に於ける内力が中心に於ける内方の二倍位になると云ふ事を意味する筈であります。この事は別の方面からも判ります。何となれば正方形即 $\frac{b}{a} = 1$ の場合は、著者の解法から見ても、Pigeaud の法によるも、殆んど正確なる解となるのですが、この場合軸の両端の内力が中心の内方の二倍位になり、又 $\frac{b}{a} = \infty$ の場合にも二倍になるのでありますから、

其間の Ratio の場合にも二倍位であらうといふ事は大に了解されるのであります之を見ると、Montgomerie の實驗で、中心の内力が邊の中央の内力と略同じ大さになると云ふことは、少しく過つて居りはせぬかと思はれます。之に反して獨逸海軍でやつた實驗の data⁶⁾ として板の端の内力が中心の二倍位になつて居る事は結果として可成具合がよいものと考へられます。Montgomerie の實驗は、試験材として大なる鋼板を用ひたのが變な結果に導いたのではないかと思はれるのであります。

猶 clamped edges の reaction が角の近所で反對の sense となる事は實際問題として相當に注意すべき事柄であると思はれます。

この問題が Pigeaud の書により大に確にせられたるは著者の大に喜ぶ所であります。

この稿を終へるに臨んで種々の指導を與へられたる末廣先生に謝意を表し、又この稿提出に當り、非常の盡力を與へられたる帝大船舶教室の佐藤助手、武原助手其他の諸氏の勞を多と致します。

大正十二年四月三日

東京帝國大學船舶工學實驗室に於て。

討 論

○會長代理(末廣恭二君) ぞなたか御質問御討論がございますれば……………

○横田成年君 ぞなたも無ければちよつと一言述べたいと思ひます、此論文は今日初めて拜見したのですが、能く讀んで見ませぬから精密な判斷は致し兼ねますが、大體の假定、四頁の所の式を斯う云ふことにされたら云ふのは私は面白いと思ふので、例へば流體の「レジスタンス」の方で獨逸の「プラントン」の「グレンツ・シヒト・テオリー」に於て物體から少し離れた所では「ポテンシアル」運動と假定し、極く接近した所に於ては「ターブレンツ」が起るものと假定して、兩方ともそれを應用出来る式を「プラントル」が拵へて居ります、矢張り是と同じやうな格好になつて……………幾らか形は違ひますが、片方に寄つて來ると一方の「ターム」が利き、又片方に寄つて來ると他の「ターム」が利いて來ると云ふ大變都合の宜いやり方で、それに此方法が好く似て居ると思ふ、實驗と理論上と

6) Pietzker:—Festigkeit der Schiffe

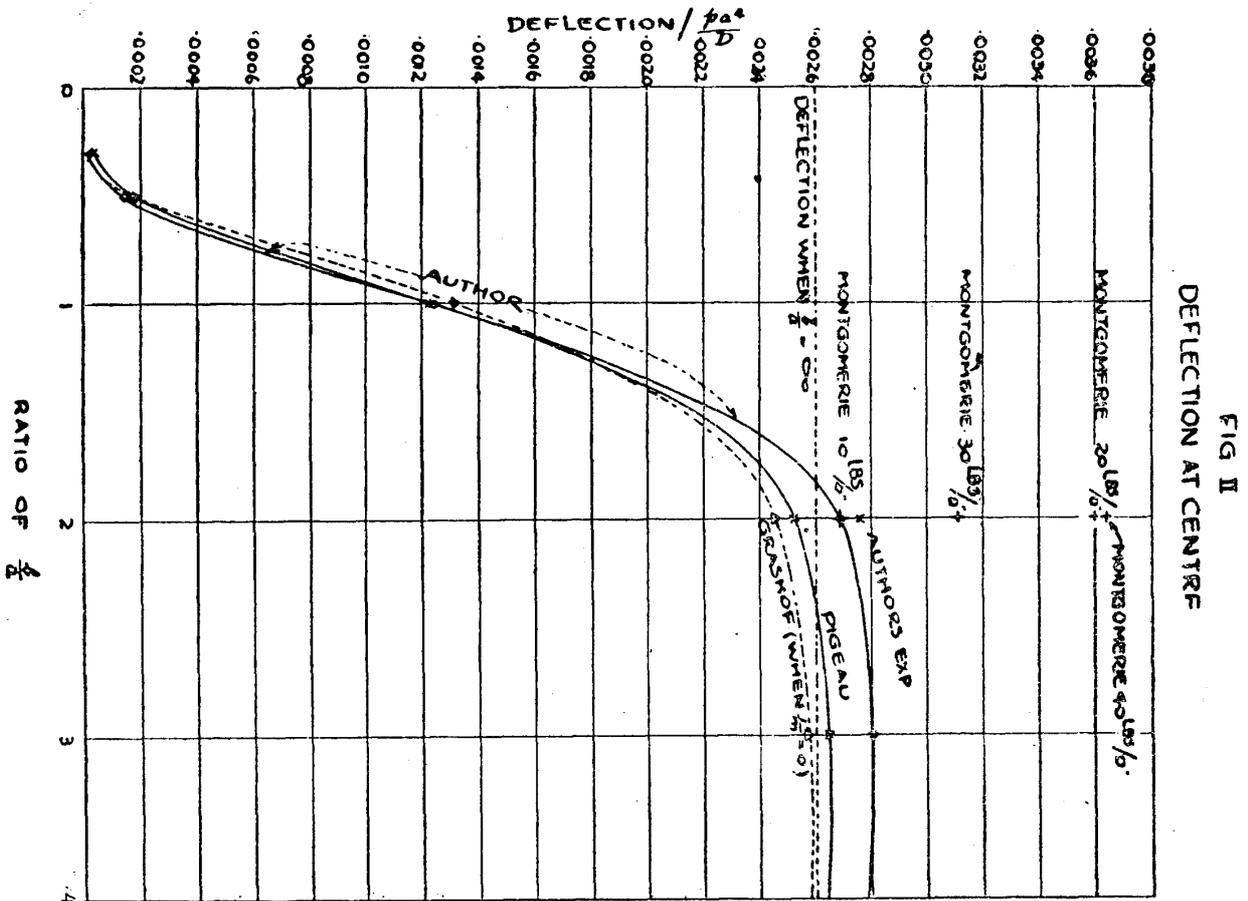
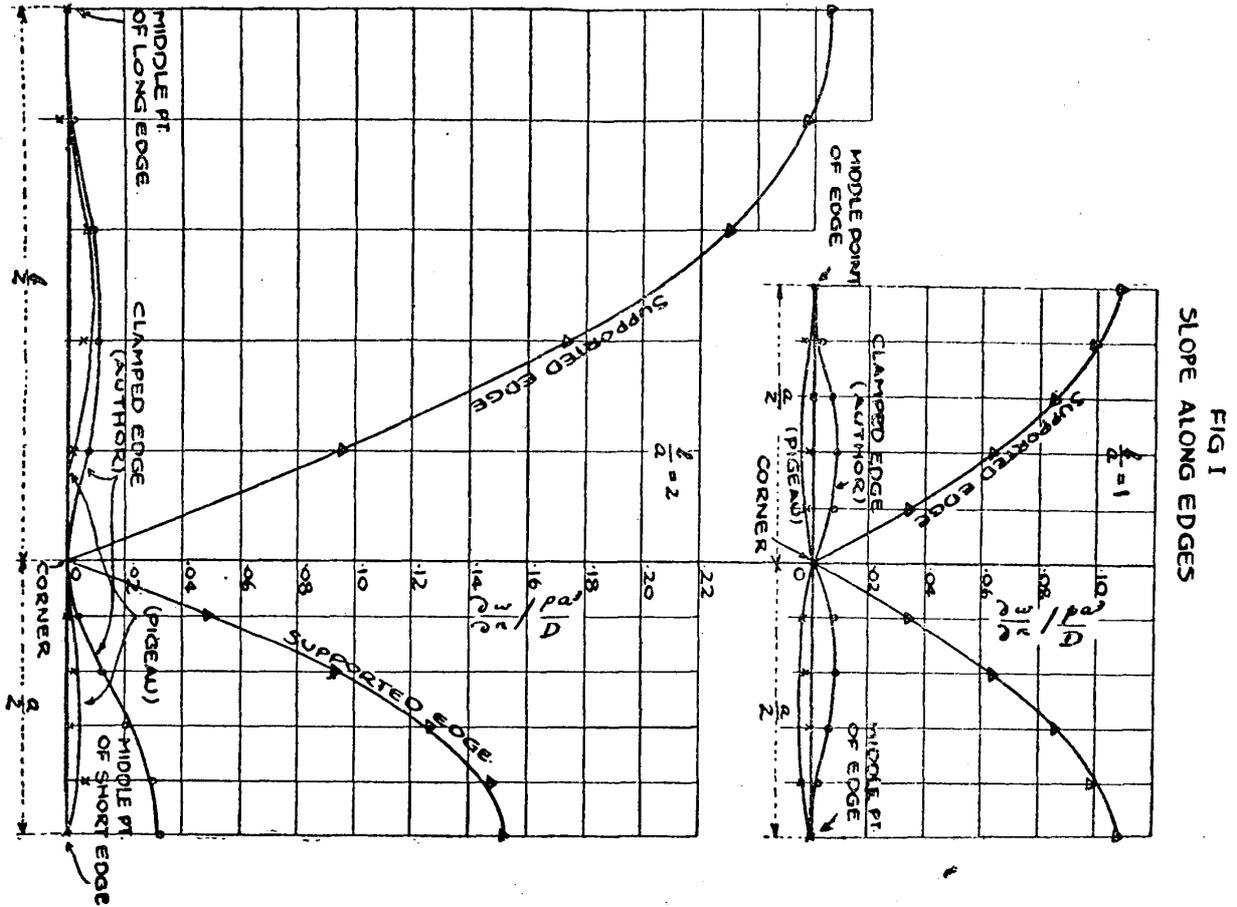


FIG. III
DEFLECTIONS ALONG VARIOUS SECTIONS
(DUE TO AUTHOR)

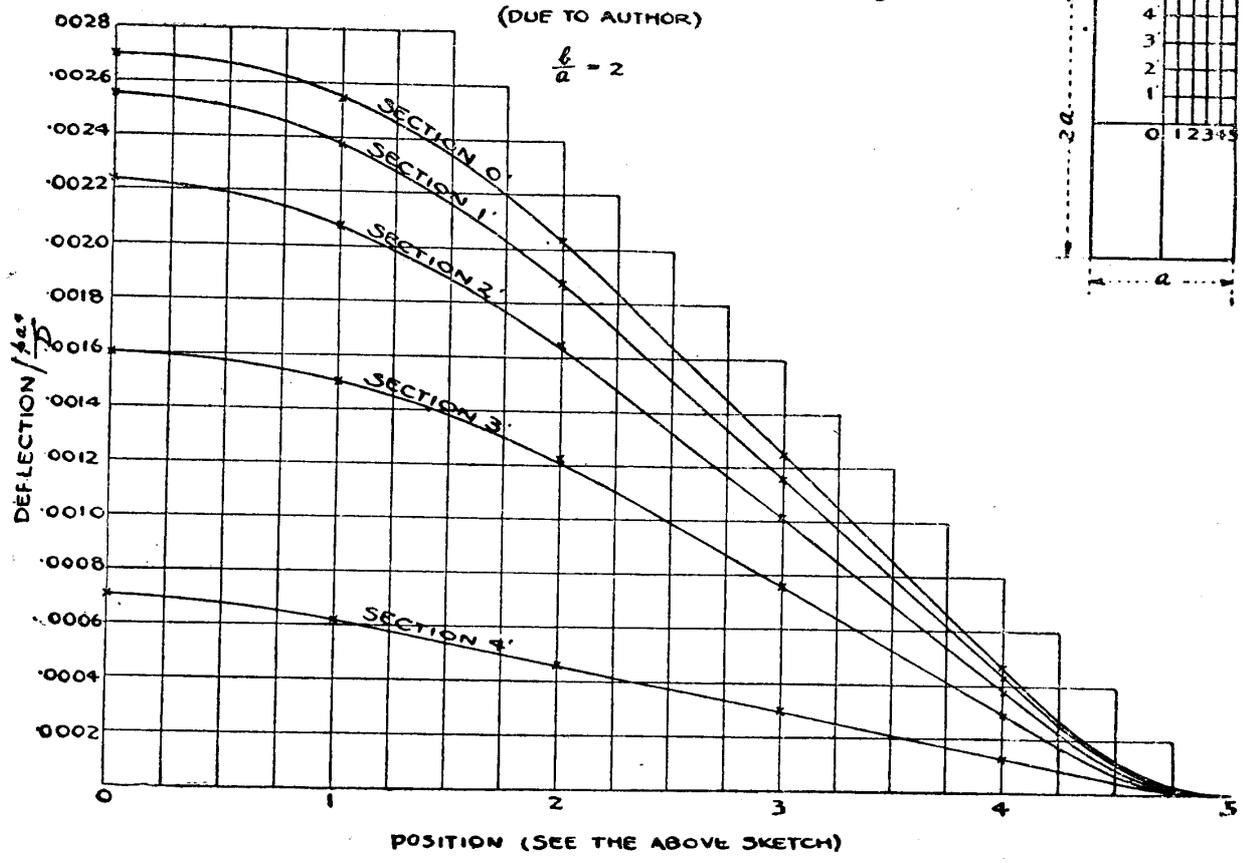
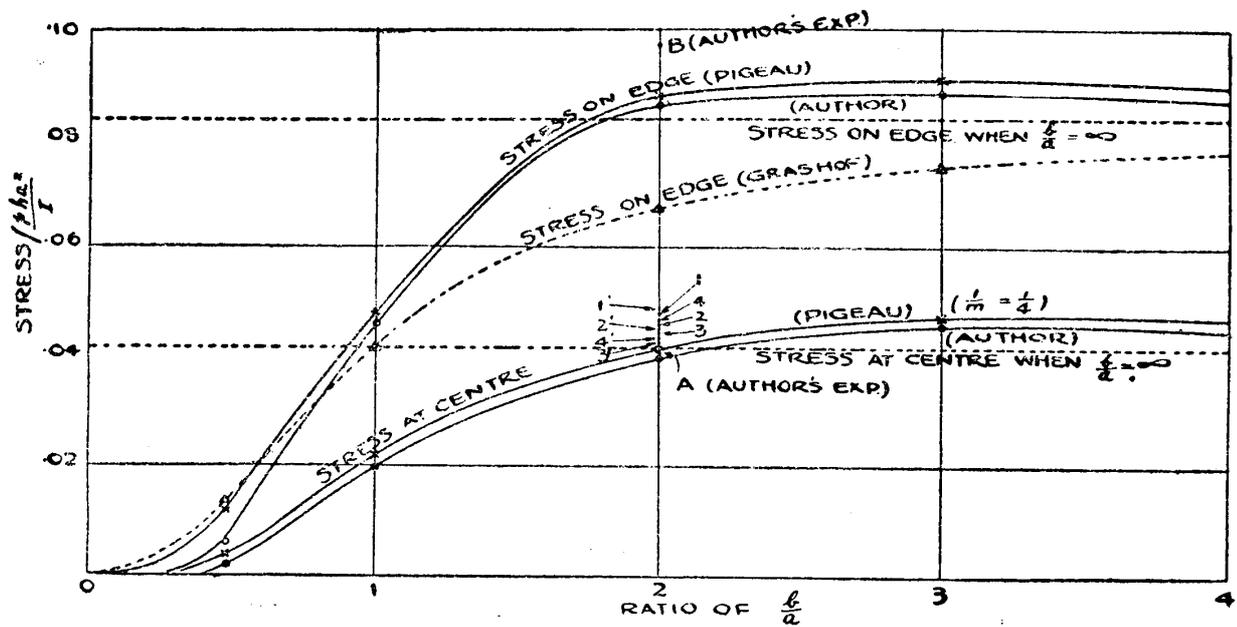
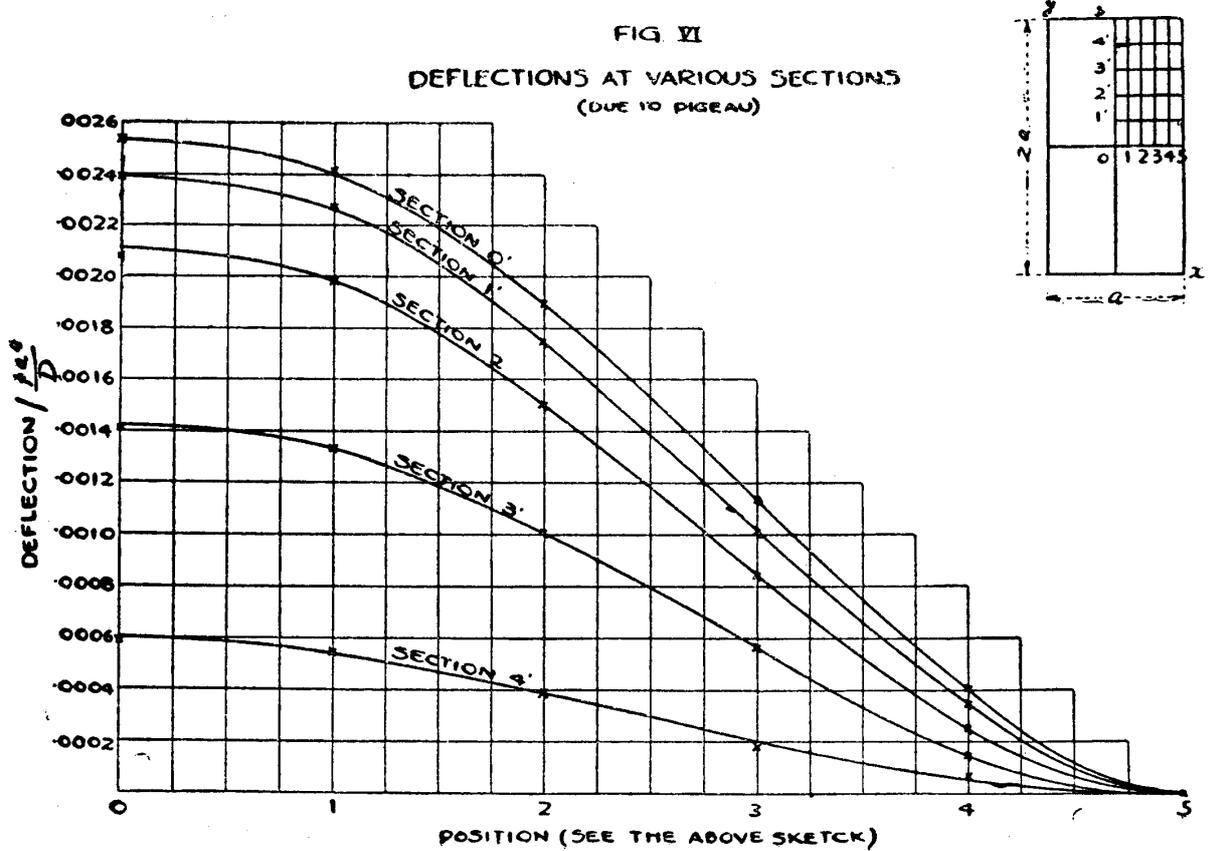
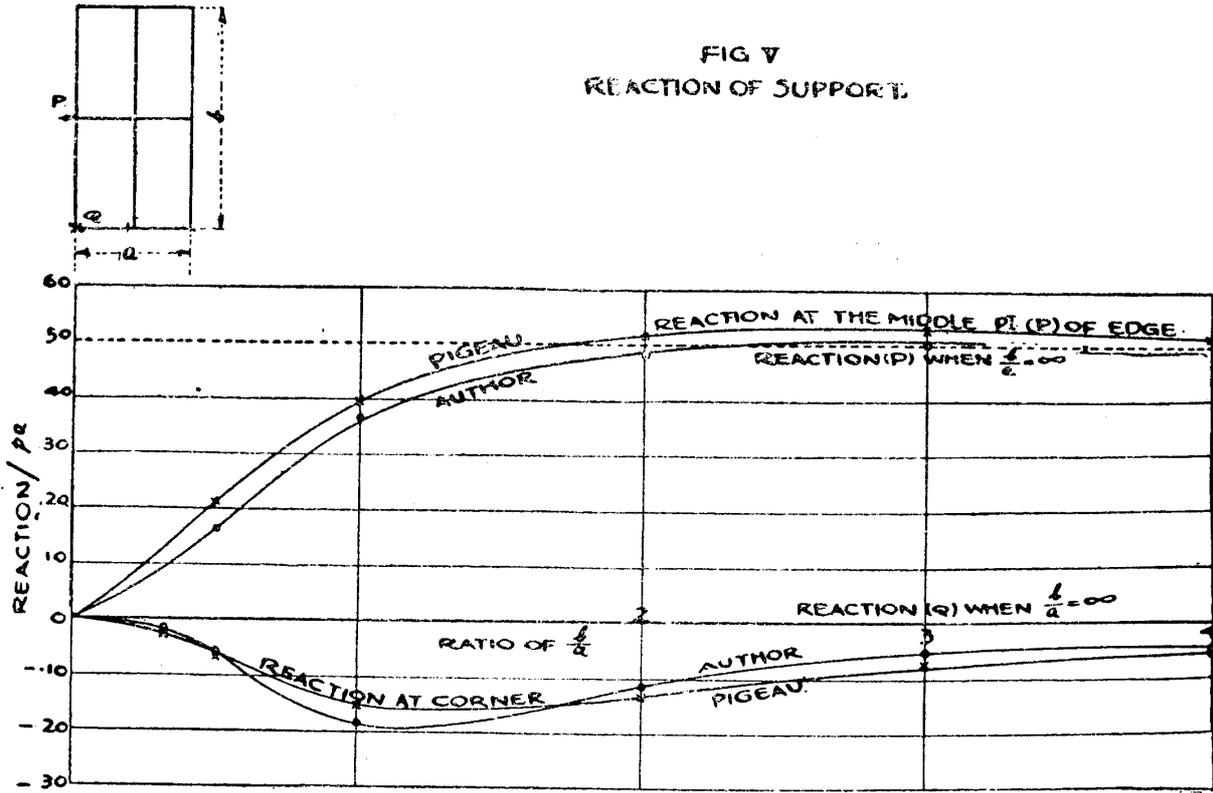


FIG. IV
STRESSES IN VARIOUS POSITIONS

1, 2, 3, 4... STRESS AT CENTRE (MONTGOMERIE)
 A (AUTHOR'S EXP)
 1, 2, 3, 4... ON EDGE (MONTGOMERIE)
 B (AUTHOR'S EXP)





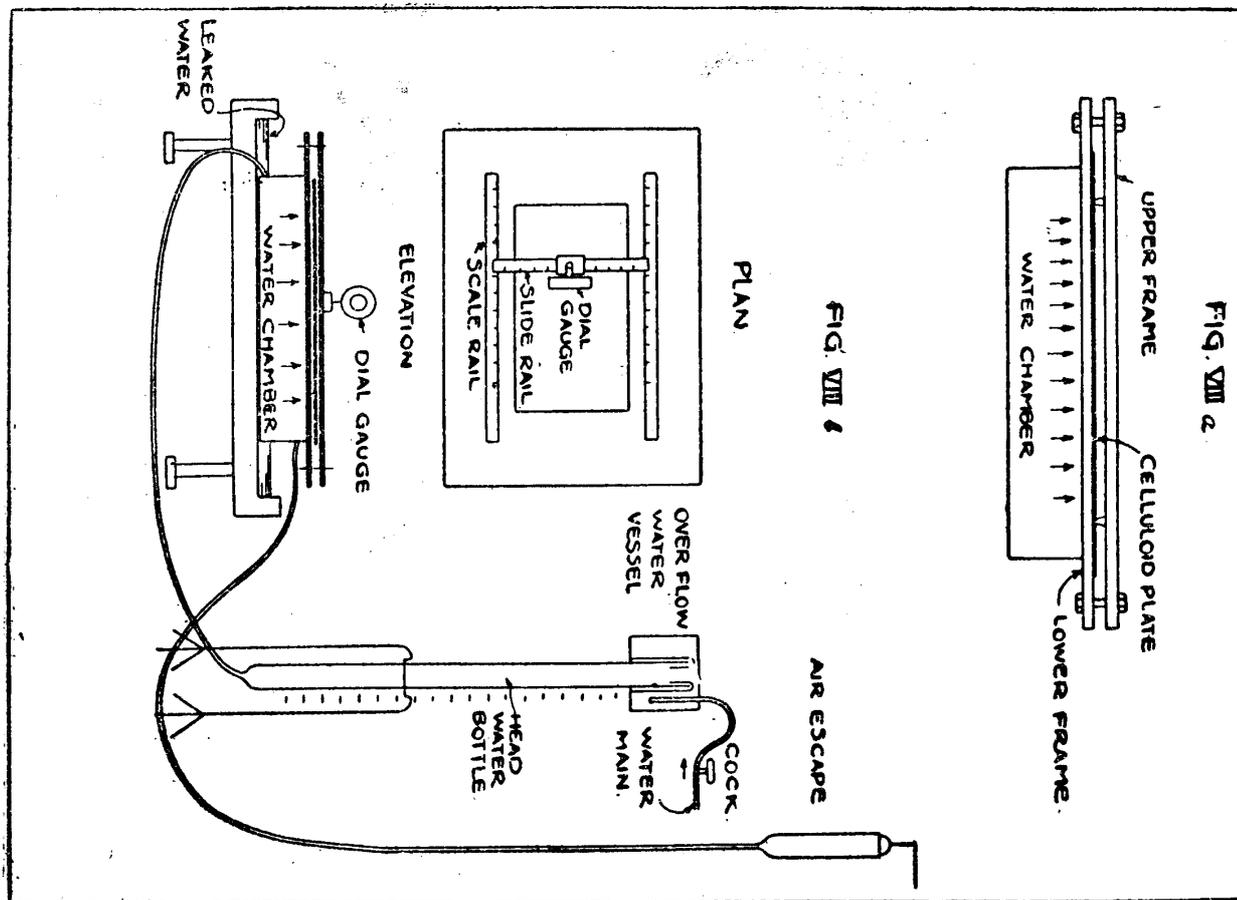
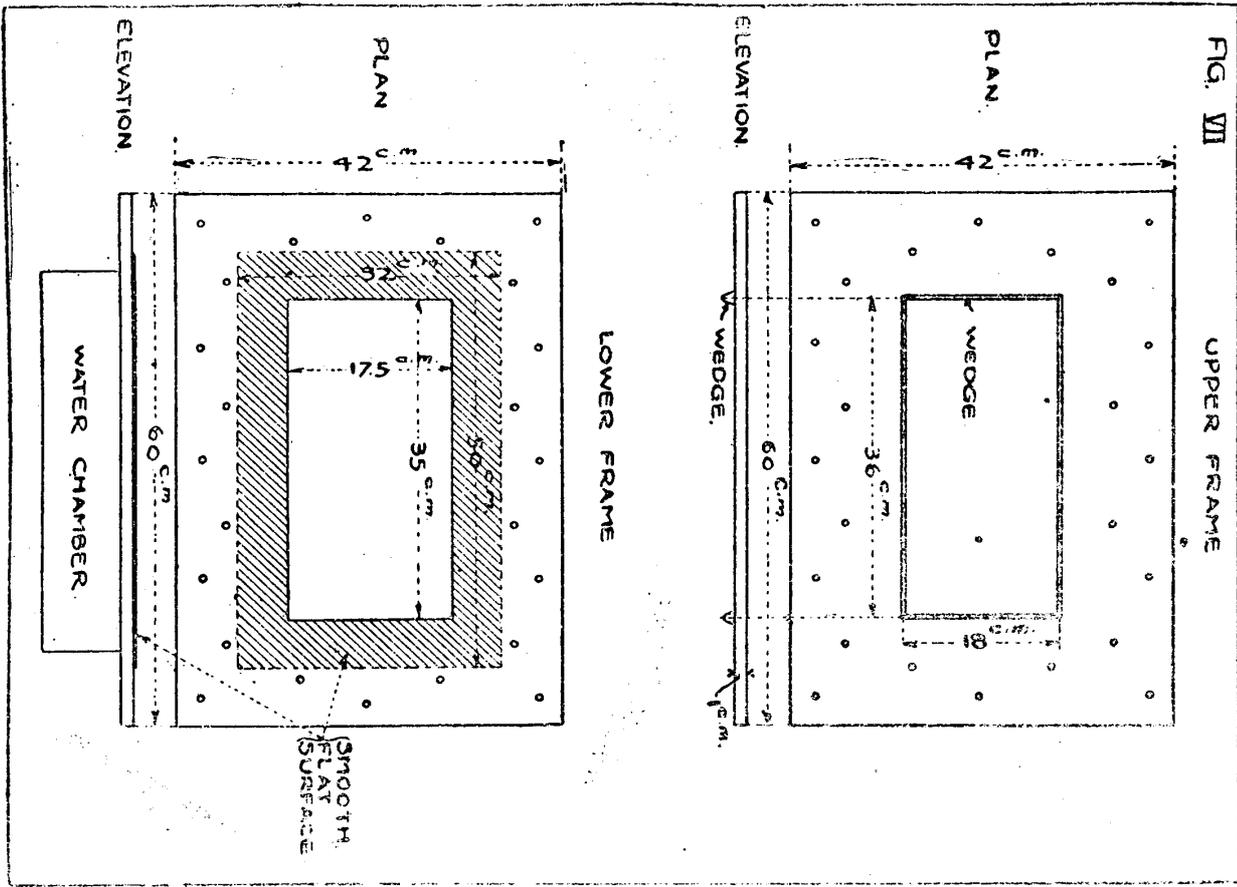


FIG IX
DEFLECTIONS FOUND BY EXPERIMENT.

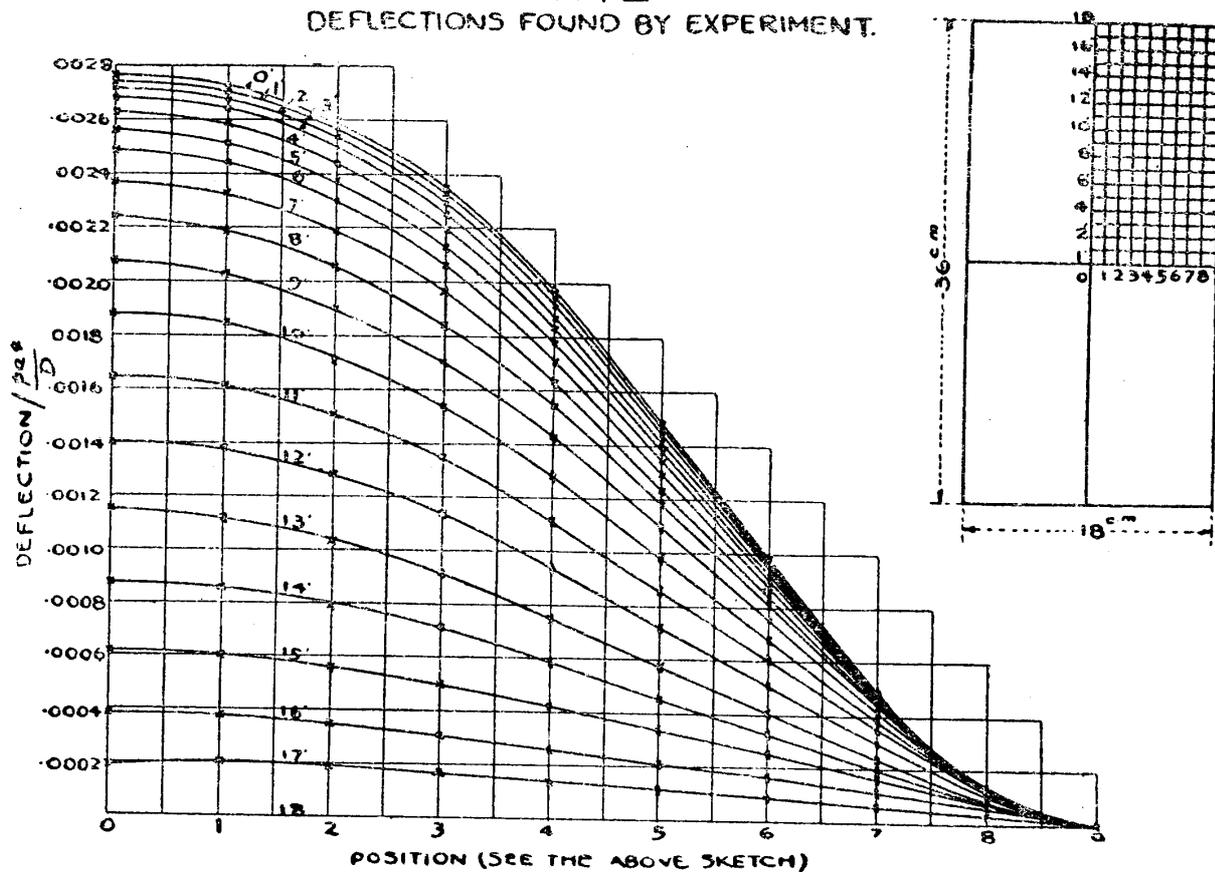
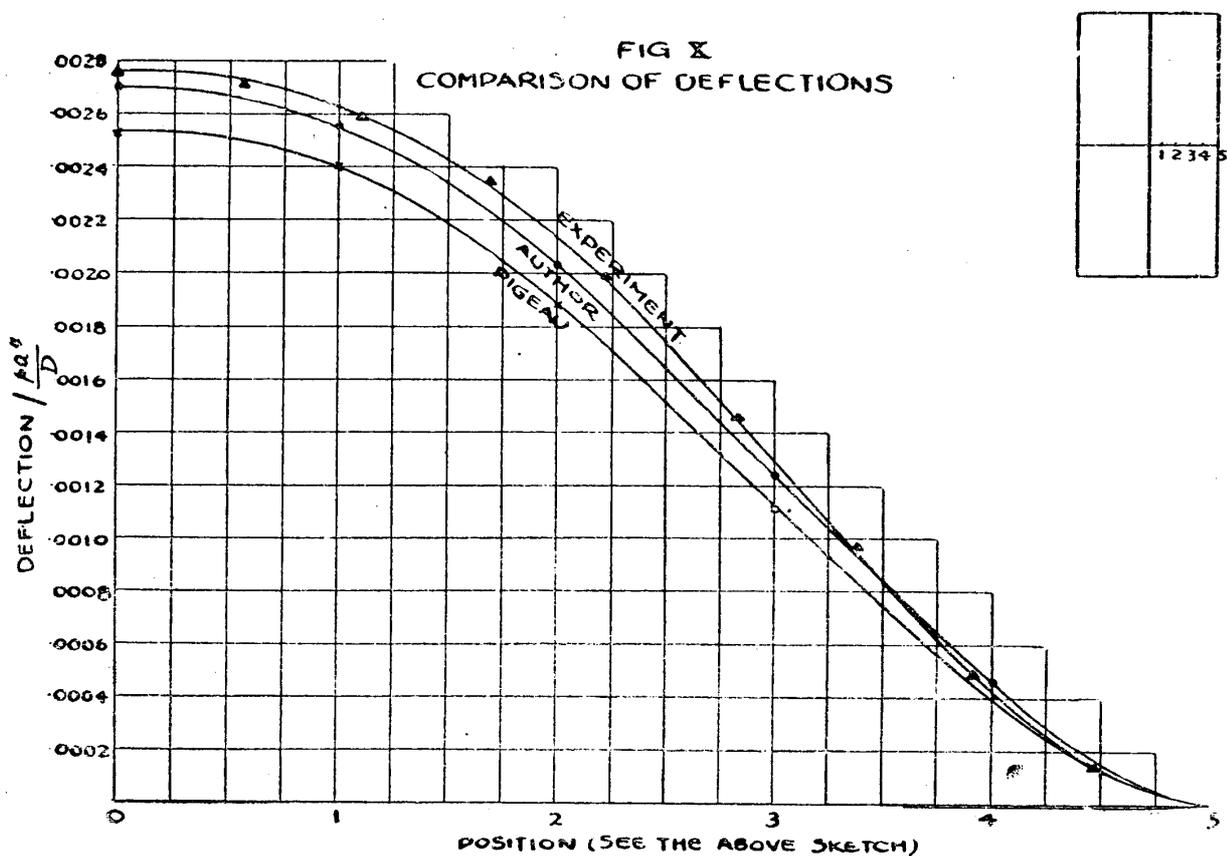


FIG X
COMPARISON OF DEFLECTIONS



を繋ぎ合して、何とかして其間の聯絡を付けないと理論的の解決は出來ないのでありまして、斯う云ふやうな場合には何か斯う云ふことをして或程度まで押付けによる外仕方が無い、それに付ては此やり方は大變面白い、大體拜見した所でさう云ふ考へであります、詳しいことは讀んで見ませぬから申し兼ねますが、只今感じた所は以上の通りであります

○松村鶴造君 ちよつと伺ひたいと思ひますが、「ストレス」に對する……前に井口さんがやつて居られたが、井口さんの式で計算せられたものと妹澤さんの式と實際の問題に付て比較になつて居るものがあれば一つ……、「ストレス」の値を井口さんの式とあなたの式とを比較したものがあれば……

○妹澤克惟君 比較したことはありませぬが、井口先生の「ペーパー」を讀んだことがございます、あの場合は「モンゴミリー」の式に成るべく合はずやう合はずやうと苦心されたやうに思つて居ります

○松村鶴造君 此問題は非常にむづかしい問題でありまして、色々な人が色々苦心してやつて居るけれども、本統の「ソリューション」は逆も出來ないやうで、此やり方は非常に結構なやうであります、尙ほ一つ詳しく讀んで考へて見たいと思ひますが、ちよつと見た所では非常に結構であると思ひます

○會長代理(末廣恭二君) 何かございませぬか、随分むづかしいものですから、即席には如何かと思ひますが、何かございませぬか……

普通我々の……「プレート」或は該板のやうなものに之を應用する場合にどんなものになりますか、或は「モンゴミリー」のやうな方法が實際に近いものになりはしないのでありますか

○妹澤克惟君 さう云ふことは餘り存じませぬ

○山本幸男君 ちよつと伺ひますが、七頁の所で「然る時は「フレーム」も共に水壓の影響を受けて歪みを受くべきは明白であります」と書いてあります、是は私は正確の事は忘れましたが、光線を利用して試験したけれども、歪みが出來なかつたとか云ふやうなことが書いてあつた、「デフォーメーション」は起らないと云ふやうなことを書いて居つたやうに思ひます……

○妹澤克惟君 私は能く讀みませぬでした、さうかも知れませぬ

○山本幸男君 「プレート」の「エンド」の取付がうまく行かないので斯う云ふ「アングル」が出るとか云ふことが書いてあつた、その關係で違つて來るので、「フレーム」の「デフォー

メーション」は出ないのかと考へます

○妹澤克惟君 私もしつかり覺なませぬ、餘り「モンゴメリー」のものが變ですから、それに頓着しないでやつたものですから……

○村田義鑑君 大體今の御話はわかつたやうですが實際の「アプリケーション」はどうか云ふやうになるのですか、「スチールフレーム」に「セルロイド」板の場合の理論はあなたのやうになるのでせうが船に實際「アツプライド」する時には或は「モンゴメリー」の實驗のやうになるのではありませぬか

○妹澤克惟君 それは何でも分りませぬ

○末廣恭二君 「モンゴメリー」が大分引合に出ますけれども、獨逸の海軍でやつた實驗の結果は丸で「モンゴメリー」のと違ふのであります、「モンゴメリー」の良ければ獨逸のが悪い、獨逸の良ければ「モンゴメリー」が悪い、妹澤君の得た結果は獨逸の海軍のと非常に似て居る、此獨逸の實驗に詳しく發表して居ないのですが、要するに「スチール・プレート」に付てやつたに違ひない、「モンゴメリー」のが間違つて居つたと言ひ得るかも知れませぬ

○鹽田泰介君 ちよつと希望を申し上げたい、是は斯う云ふことを研究せられることは非常に趣味のある問題で（實用の方から言ふと適宜に「スチフナー」を付けて解決して居るのですが）立派な論文と思ひますから、此前刷は日本文で出來て居りますが、之を英文にせられて會誌に載せられるやうにしたい會誌の交換と云ふこともあるから、之を希望して置きます

○末廣恭二君 「オーサー」御自身も外國文で發表される積りらしく思はれます

○會長代理(末廣恭二君) 別段是以上御質問御討論がありませぬければ例に依りまして一言御禮を申述べたいと思ひます、此「レクトアンギュラー・プレート」の問題は吾々の方の問題として申しますれば外板及鋼甲板と云ふやうなものに關係ある重要な問題であります、工學方面の學者及び純理學者は隨分以前から此事を研究して居るやうであります、現に我國でも京都大學の松村博士は先年機械學會に橢圓形の「プレート」の「ソリューション」を御出しになつて居るやうに記憶して居ります、其他曾て井口先生も御やりになつたし、外國でも此「ペーパー」に記してあるやうに、「グラスホーフ」獨逸の海軍、「モンゴメリー・ブライヤン」、尙ほ色々あるやうでございしますが、大家の研究も多くは「セミエンペリカル」か若しくは唯實驗のみでありましてどれが正確であるかがしつかり分りませぬ、夫れは矢張り外板や「デツキ」の板の寸法を決めるには「セミエンペリカル」な方

法でやつて居るのですが、今日斯う云ふやうな立派な「ペーパー」が現れまして、實驗及び理論の兩方面からして略々眞に近い所の「ストレス」の有様を出されたと云ふことは實に造船學上のみならず機械工學上に取つても非常に有益なことであらうと考へられます、私は妹澤君と懇意であるから提灯を持つのではありませぬけれども、妹澤君は學校を出られてからまだ二年間しかたちませぬ、出たてのほやほやであります、其方が斯う云ふ立派なものを書かれた、妹澤君は曾て此造船協會へ……是は失禮ですが、此「ペーパー」に比すれば大したものではなかつたやうに思ひますが、新しい「ペーパー」を書いて發表された、多分皆さんは御記憶をなさつて居るだらうと考へます、夫れは未だ大學に在學中の事でありました。そして學校を出て僅か二年しか経たずこんな立派な「ペーパー」を御書きになつたのでございます、今までの勢を以て段々と進んで行かれましたらば、殆ど測り知るべからざる所の力量を備ふるに至らるゝ事だらうと考へて私は大いに楽しんで居る次第であります、どうぞ今後も今日までの「カーヴ」の上り方をどんどん續けて行かれて、有益な研究をせられてさうして、本會に有益な論文を發表せられることを期して待つて居る次第でございます、例に依りまして拍手をしまして御禮の意を表したいと思ひます

一同拍手

X線による金屬の研究 (講演概要)

工學士 柿 沼 宇 作

X-Ray Studies on the Inner Structure of Metals.

By U. KAKINUMA.

Abstract.

The Laue figures obtained by passing a beam of heterogeneous X-rays through a thin sheet of metal reveal the atomic structure inside the metal, thus enabling us to explore the region where the usual microscopic study is incompetent. With this view the writer outlines in the present note his study on the application of X-rays in metallographical research.