

(昭和十五年十一月十七日造船協會講演會に於て講演)

舵の直圧力と其の中心に就て (第 2 報)

正員 工學士 赤 崎 繁⁽¹⁾

Abstract.

On the Normal Pressure and Centre of Pressure of a Rudder.

By S. Akasaki, Kogakusi, Member.

By open and behind experimen's with a series of rudders, the experimental formulae for the normal pressure and centre of pressure were obtained.

目 次

- | | |
|------------|---------------|
| (1) 序 論 | (3) 舵柄捻扭力率計算例 |
| (2) 實驗竝に成績 | (4) 結 論 |

(1) 序 論

舵の直圧力と其の中心に關し前⁽²⁾に實用範圍の舵の中で 1 つの series を選び其の單獨直進中の直圧力の大きいさと圧力中心位置の實驗式を求めたが、更に實用範圍の舵の一般的な實驗式を求めた。

(2) 實 驗 竝 に 成 績

平衡舵の Fig. 1 に示す series を用ひ前⁽²⁾と同一方法にて單獨直進實驗を行ひ Fig. 2, 3 に示す成績と實驗式を得た。

次に之等の舵の前方に導板（導板の幅 $\geq$ 舵の幅、の場合には導板が舵の直圧力の大きいさと其の中心位置に及ぼす影響は殆んど一定となるので、實驗には Fig. 1 に示す導板を用いた）を附して實驗を行ひ Fig. 4, 5 に示す成績と實驗式を得た。即ち平衡舵單獨直進中の實驗式の H/B の代りに $H/2B$ と置くと、Fig. 6 に計算値を示す如く舵角 40° 以下に於ては實驗値と一致する。

(3) 舵柄捻扭力率計算例

舵に作用する平均水流速度は自動模型艇に依る實驗の結果、舵が推進器の直後に無く艀艀兩推進器の中間後方に在る場合には船の速力 V に等しく、舵が推進器の直後に在る場合には $1.1 V$ となる。但し後の場合に於ては推進器と舵の關係位置により相當の變化（圧力中心位置に關しても）をなす故注意を要する。

(1) 海軍造船中佐、海軍技術研究所造船研究部。

(2) 昭和 13 年 12 月刊行造船協會々報第 63 號、赤崎繁「舵の直圧力と其の中心に就て」。

舵の摩擦力率 $F.M.$ 及び捻扭力率 $T.M.$ は次の様にして計算する。舵の直圧力 P_n に対する支持力 P_1, P_2 を圖の如くとり摩擦係数 μ は 0.2 にとる。(μ の値は舵軸模型に荷重を加へ回轉試験の結果青銅にて平均 0.2 となつた)。但し a, b は夫々 P_2 と P_1 間及び P_1 と P_n 間の距離とす。

$$P_2 = P_n \times \frac{b}{a}$$

$$P_1 = P_n + P_2 = P_n \times \frac{a+b}{a}$$

$$F.M. = (P_2 r_2 + P_1 r_1) \mu = P_n \left(\frac{b}{a} r_2 + \frac{a+b}{a} r_1 \right) \times 0.2$$

$$T.M. = P_n \times (-y)$$

操舵する場合の舵柄捻扭力率は $(F.M._1 + T.M._1)$ を舵の所の drift angle だけ修正する。

戻舵する場合の舵柄捻扭力率は $(F.M._2 - T.M._2)$ を舵の所の drift angle だけ修正する。

以上により計算したものと實船の實測値とを比較して Fig. 7 に示す。

此の場合舵(平衡舵)は推進器の直後に無く、實船が速力 V 舵角 35° で旋回すると、操舵し終つた時の舵の drift angle は 2.5° で定常旋回中の速力は $7/9 V$ となり、旋回角速度は $2^\circ/\text{秒}$ で舵の所の drift angle は 5° となる。従つて操舵時の舵柄捻扭力率は速力 V で計算した Fig. 7 の A 曲線を舵の drift angle $0^\circ \sim 2.5^\circ$ で修正して B 曲線の如くなる。舵を 35° 操舵し終つてからは舵の drift angle が次第に増加して 5° となる故に、舵柄捻扭力率は次第に下り零米廻となる。依つて定常旋回中舵を自由に放置すれば舵は舵角 35° で釣合ふことになる。又舵角 25° で定常旋回中の舵柄捻扭力率は舵の drift angle が 2.5° である故操舵 $T.M.$

曲線を 2.5° 修正した Q 點で示す値となり、舵を自由に放置するならば舵角 35° で釣合ふことになる。

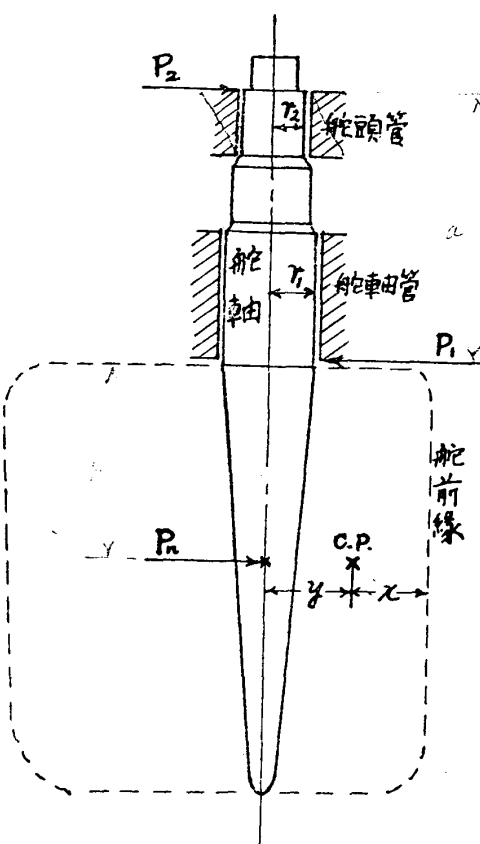
實船の實測値は B' 曲線に示す。舵角 35° で定常旋回中の舵柄捻扭力率は零となり、舵角 25° で定常旋回中の舵柄捻扭力率は Q 點で示す値と一致し、旋回中舵を自由に放置した場合には舵角 35° で釣合つた。

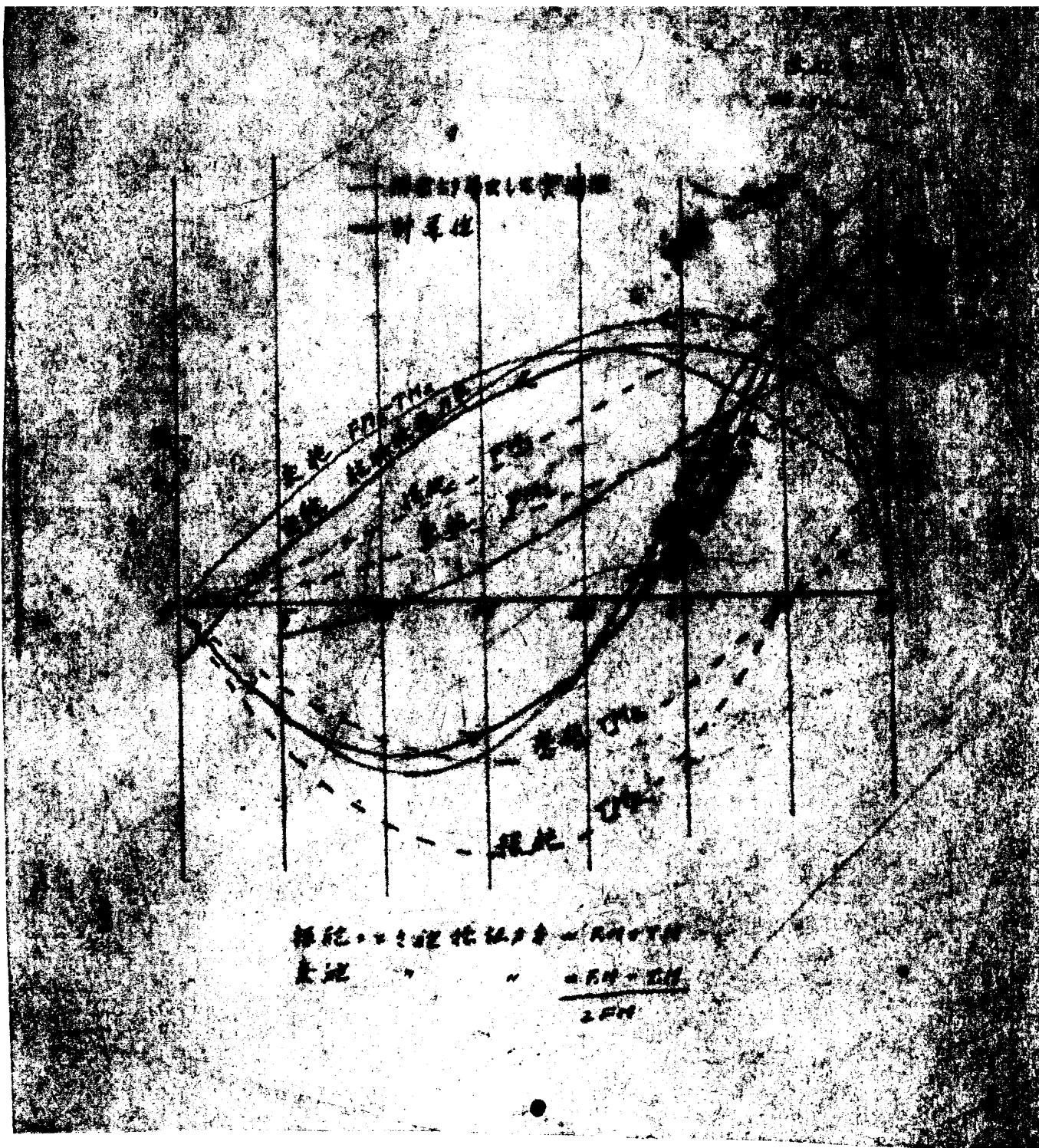
次に速力 V 舵角 35° で旋回し定常旋回中より舵を 0° に戻す場合には、水流速度 $7/9 V$ で計算した C 曲線を舵の drift angle (戻し始めは 5° 、戻し終りは 2.5°) により修正して D 曲線の如くなる。

實船の實測値は D' 曲線に示す。但し B' 及び D' 曲線は操舵機械の油圧から計算したものである。

(4) 結 論

直進中の舵の直圧力の大きさ P_n と其の中心から舵の前縁迄の距離 x は次の實驗式で求められる





(Fig. 8 参照)。

平衡舵の場合

$$\alpha < 90^\circ, \quad H/B = 1.4 \sim 0.4, \quad \frac{t}{B} = 0.02 \sim 0.16$$

$$P_n = 63.2 AV^2 \left(1 - 0.6 \frac{t}{B} \right) \left(\sin \alpha + \frac{0.4}{1.2 + H/B} \sin 2\alpha + \frac{0.34}{1 + H/B} \sin \frac{4.5}{2 - H/B} \alpha - \frac{1.4 - H/B}{4.2} \sin \frac{9}{2 - H/B} \alpha \right) \dots \dots \dots (1)$$

但し $\frac{4.5}{2 - H/B} \alpha > 180^\circ$ のときは $\sin \frac{4.5}{2 - H/B} \alpha = 0$ とす。

$\frac{9}{2 - H/B} \alpha > 360^\circ$ のときは $\sin \frac{9}{2 - H/B} \alpha = 0$ とす。

$$\frac{x}{B} = \sqrt{\frac{\alpha}{90}} / \left(1.2 + \sqrt{\frac{\alpha}{90}} \right) \quad \text{但し } \alpha \leq 45^\circ$$

$$\frac{x}{B} = 0.3 + 0.2 \frac{\alpha}{90} \quad \text{但し } \alpha > 50^\circ$$

普通舵が導板（導板の幅 $\geq$ 舵の幅）を有する場合

$$H/B = 1.4 \sim 0.4, \quad \frac{t}{B} = 0.02 \sim 0.16,$$

P_n は (1) 式の H/B の代りに $H/2B$ と置けばよい。但し $\alpha < 40^\circ$ とす。

$$\frac{x}{B} = 0.25 + 0.20 \frac{\alpha}{90} \quad \text{但し } \alpha \leq 45^\circ$$

$$\frac{x}{B} = 0.30 + 0.20 \frac{\alpha}{90} \quad \text{但し } \alpha > 50^\circ$$

海水の場合は係数 63.2 が 64.78 となる。

旋回中の舵の直圧力を計算する爲めの舵の所の平均水流速度は、舵が推進器の直後に無い場合には船の速力 V を、舵が推進器の直後に在る場合には $1.1V$ を用ひるとよい。但し後の場合に於ては推進器と舵との関係位置により相當の變化（圧力中心位置に關しても）を爲す故注意を要する。舵軸の摩擦係数は 0.2 とすればよい。

終りに本實驗に助力せられた杉原喜義、清水一名兩君に謝意を表する。

附 記

Fig. 3, 8 及び結論の平衡舵の場合の $\frac{x}{B}$ の式の但書 $\alpha \leq 45^\circ$ 及び $\alpha \geq 50^\circ$ は $\frac{H}{B}$ の比を考慮すると夫々 $\alpha \leq 35 \left(1.7 - \frac{H}{B} \right)$, $\alpha \geq 40 \left(2 - \frac{H}{B} \right)$ となり、 $\alpha = 35 \left(1.7 - \frac{H}{B} \right)$ と $\alpha = 40 \left(2 - \frac{H}{B} \right)$ との兩角度の中間に於ける $\frac{x}{B}$ の値は兩角度に於ける値を直線で結んだ線上に在る。(Fig. 9 参照)

Fig. 1.

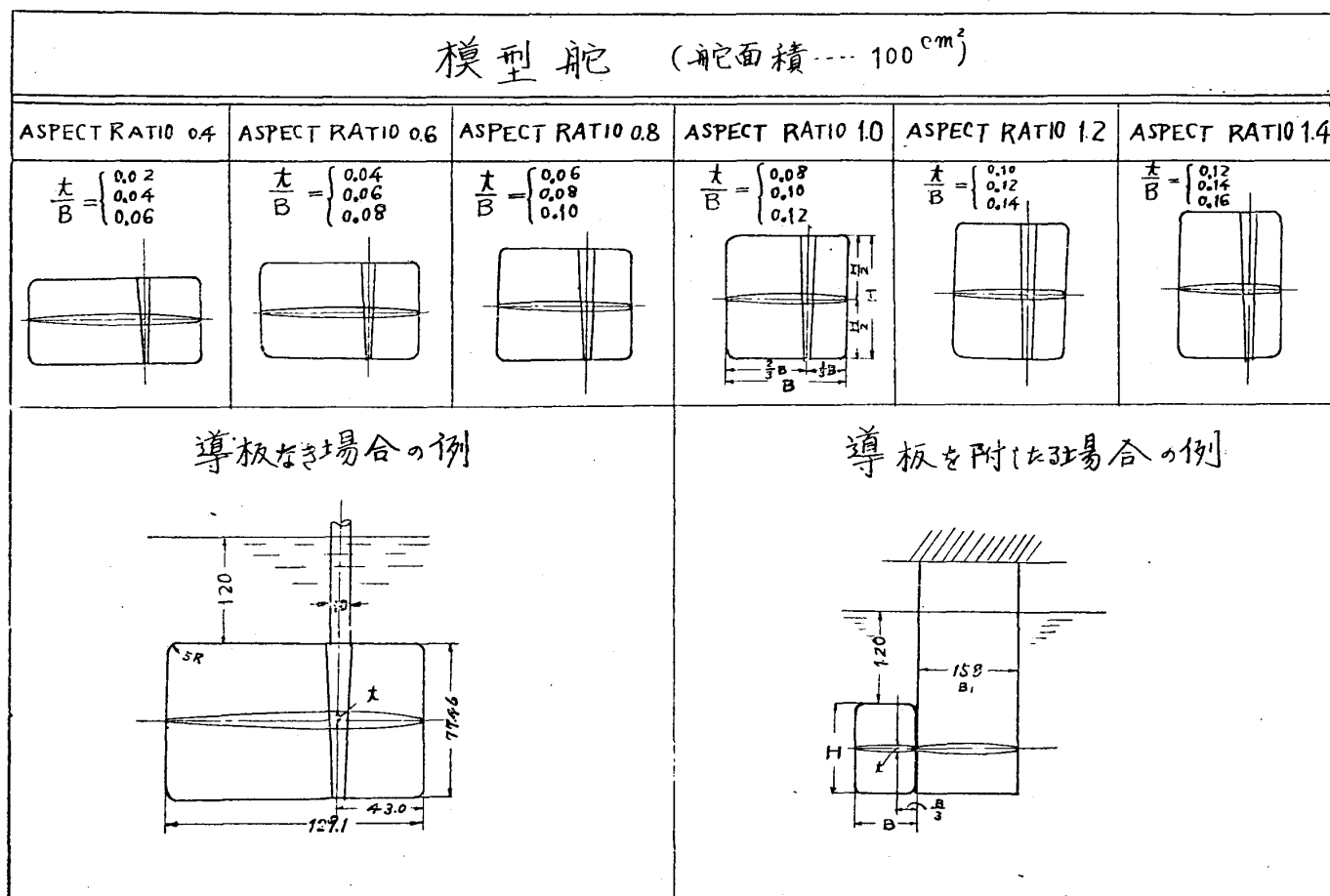


Fig. 3.

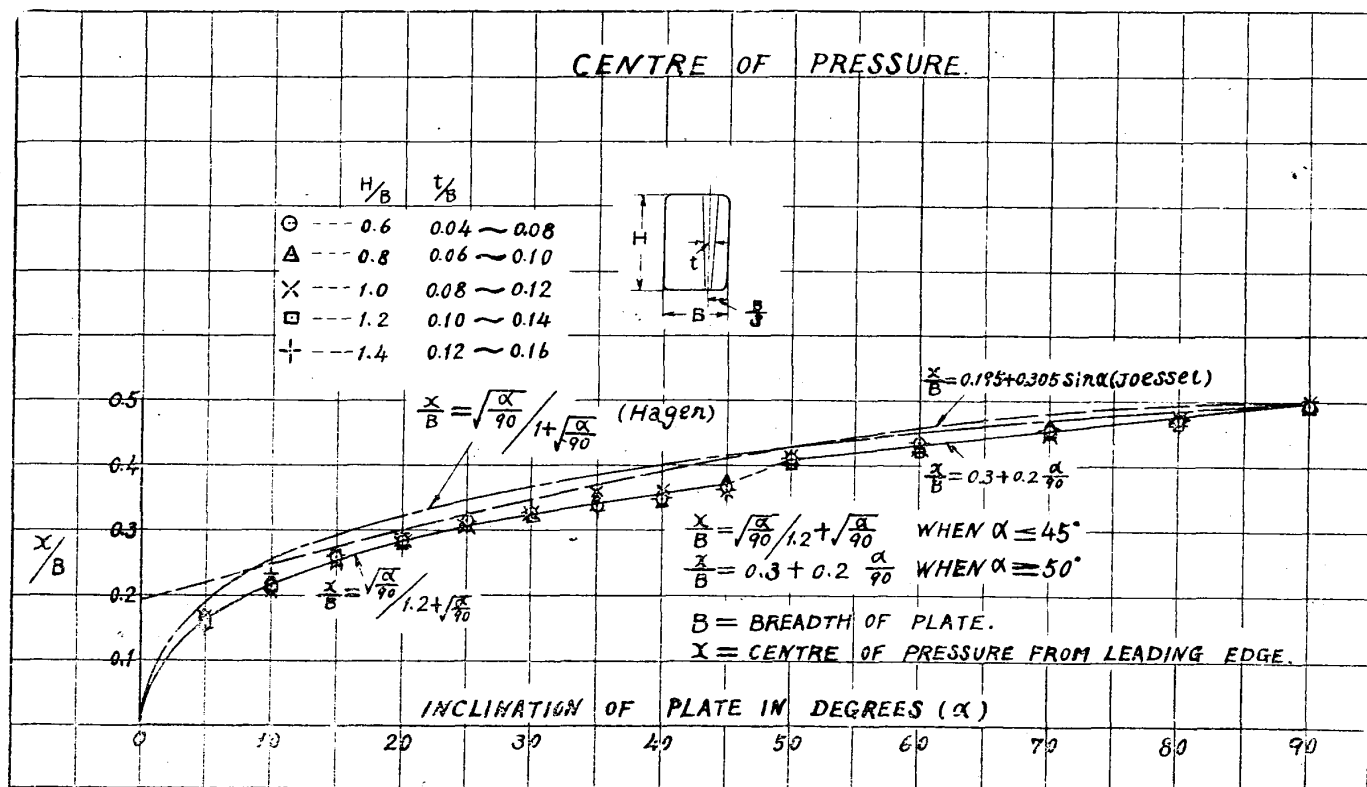


Fig. 2.

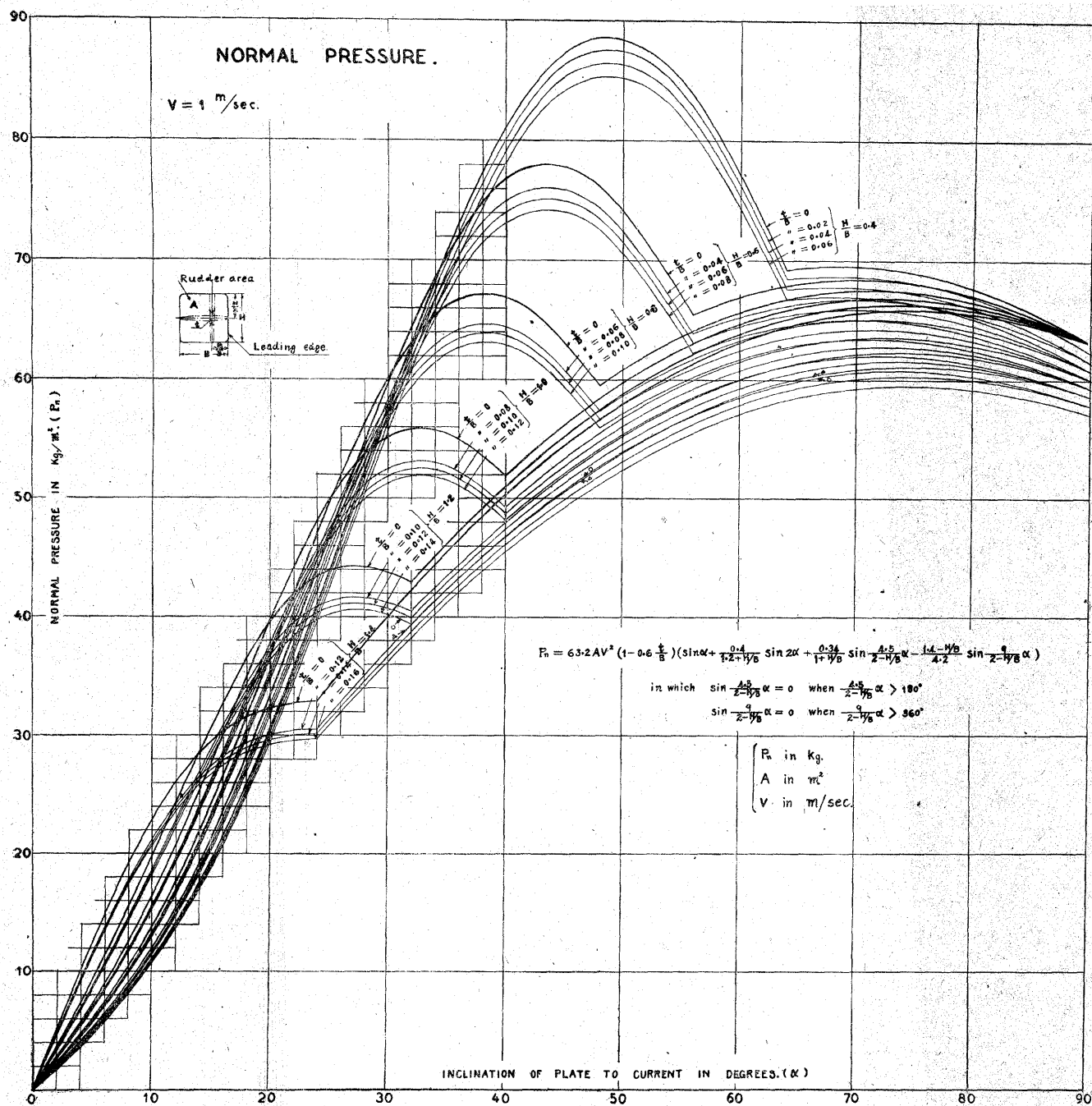


Fig. 4. $V=1\text{ m/sec}$

NORMAL PRESSURE (WITH GUIDE PLATE)
(EXPERIMENT)

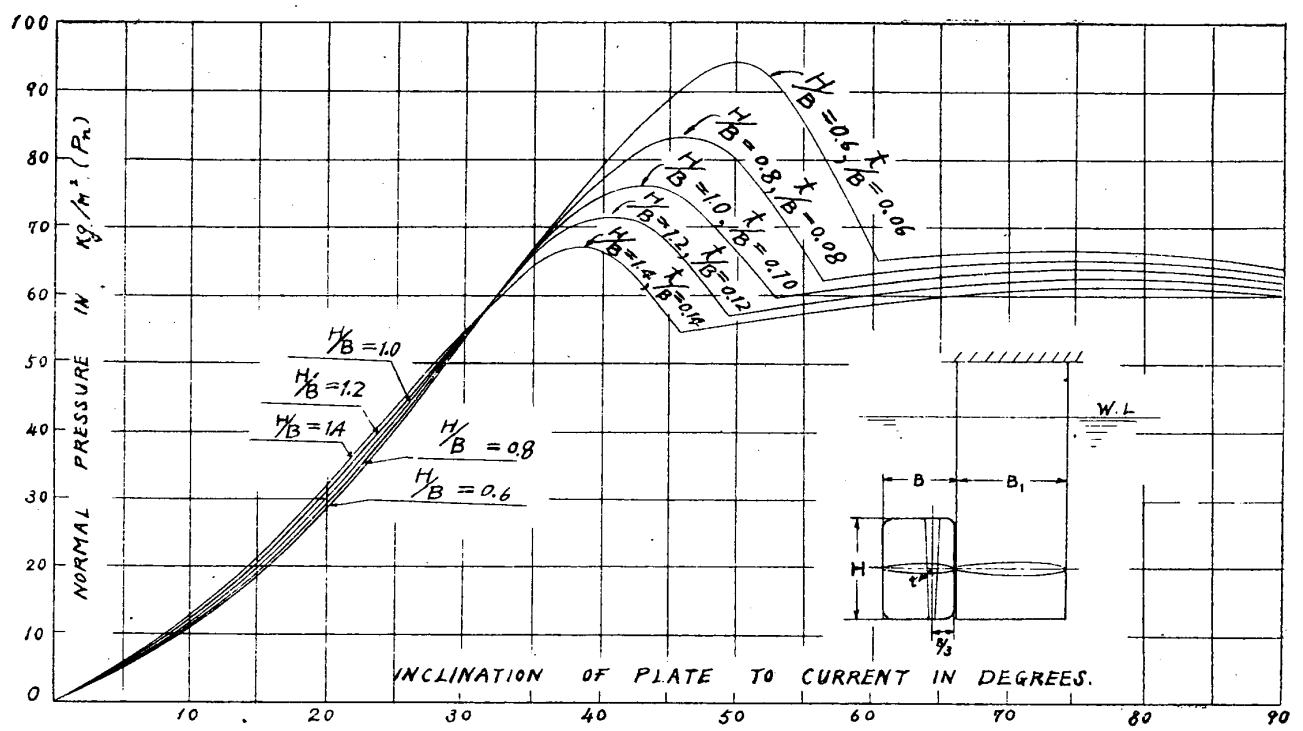


Fig. 5.

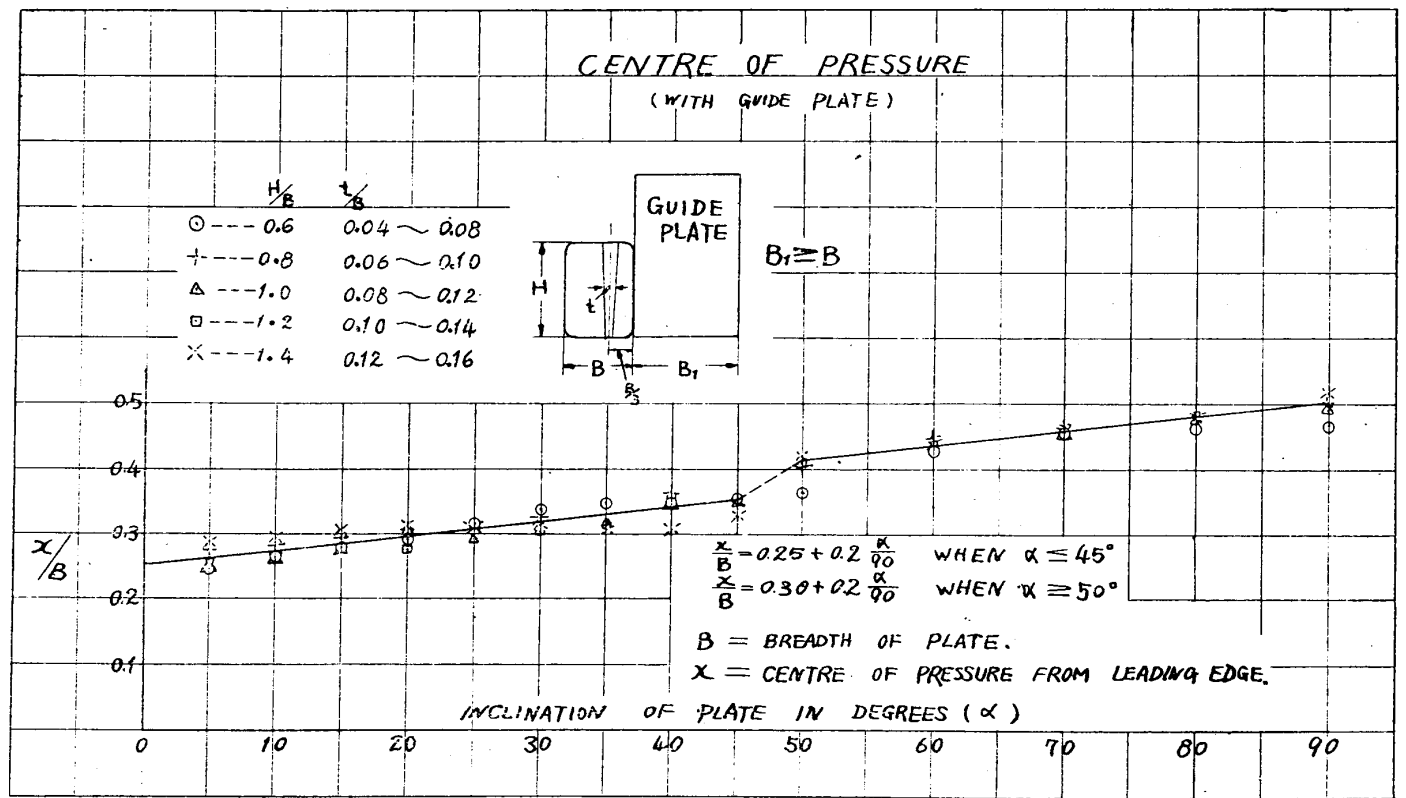


Fig. 6. $V = 1 \text{ m/sec}$

NORMAL PRESSURE (WITH GUIDE PLATE)
(CALCULATION)

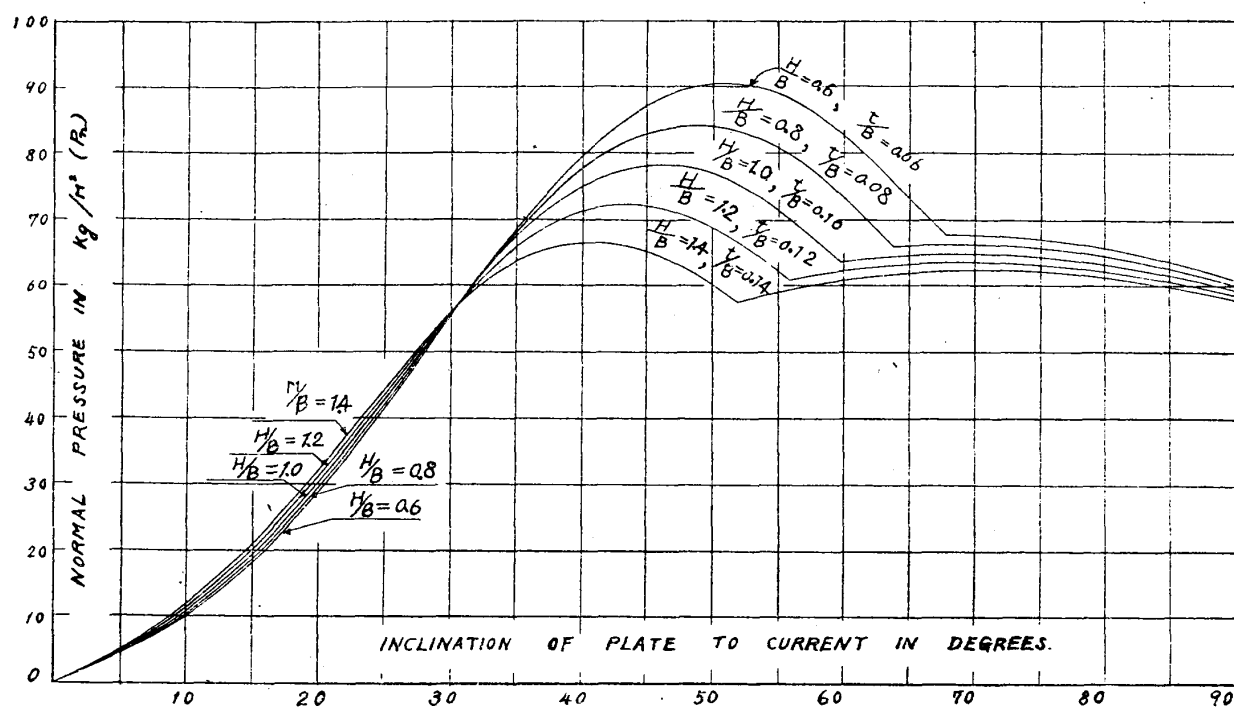


Fig. 7.

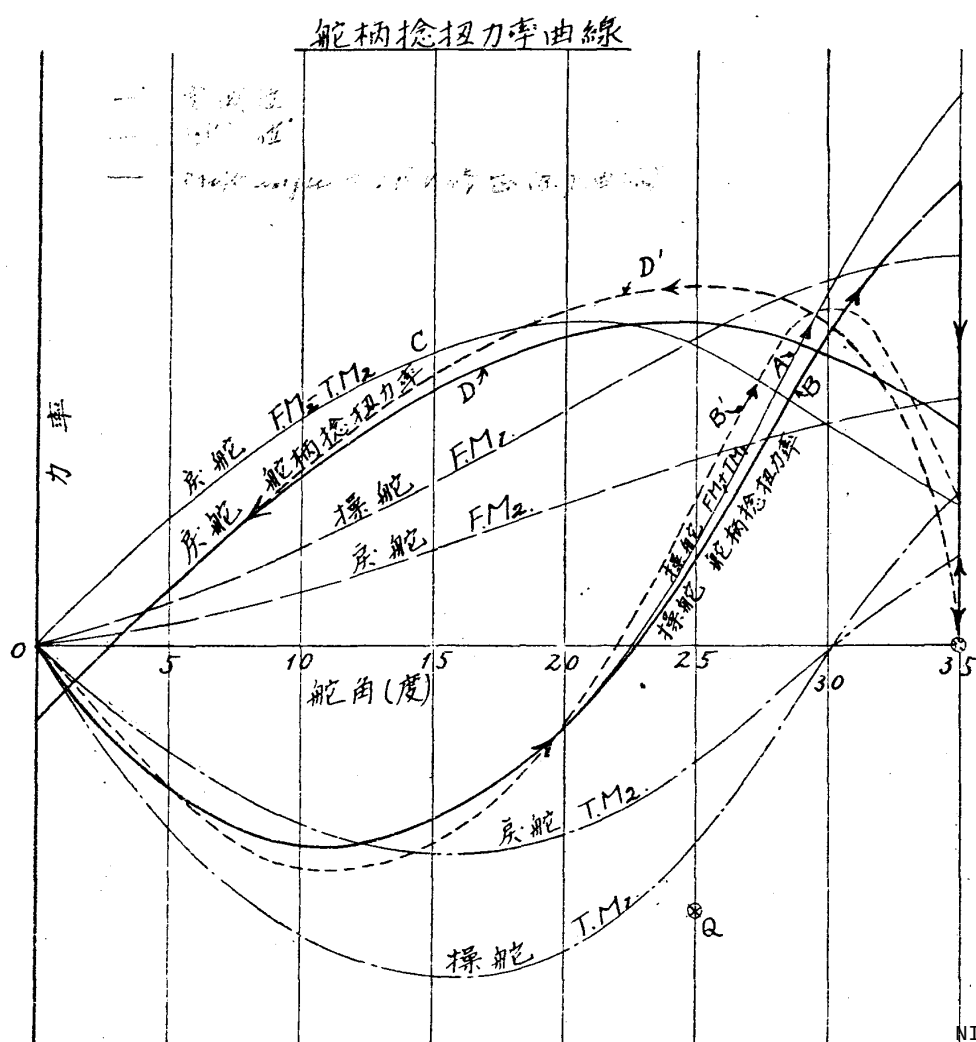


Fig. 8.

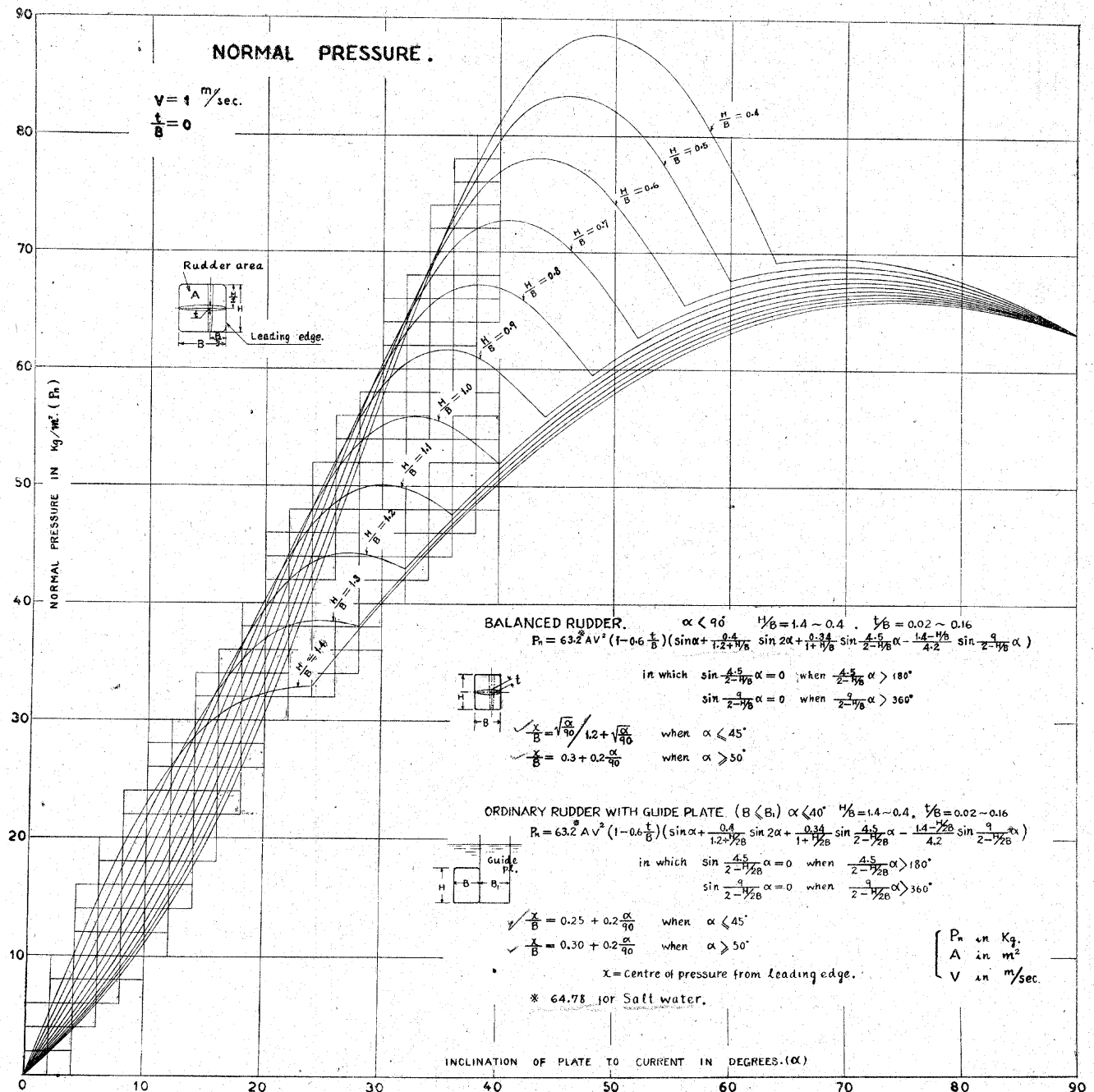
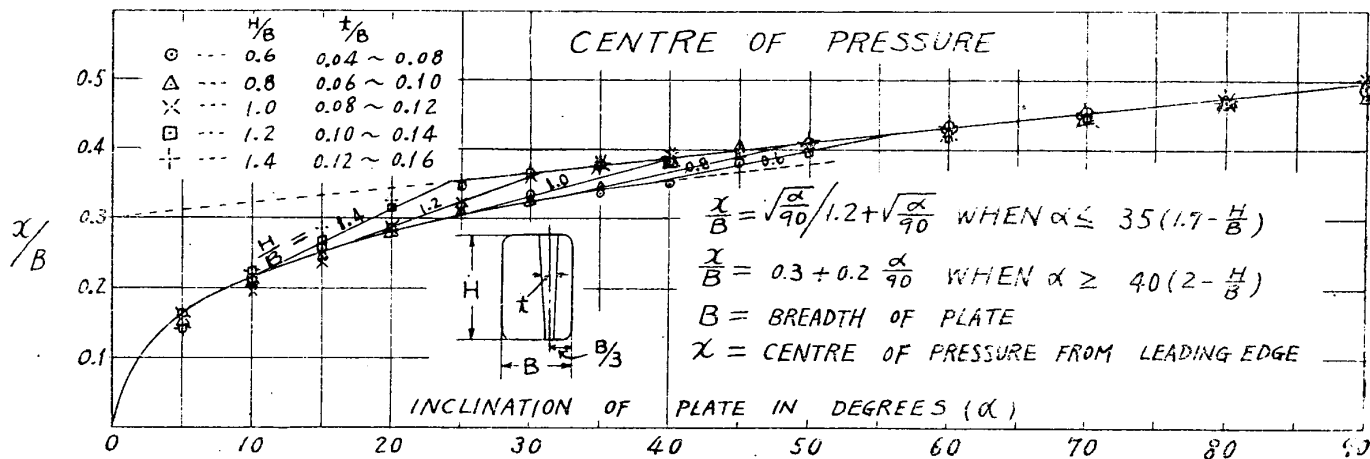


Fig. 9.



討 論

○座長(山本武藏君) 誰方が御質問又は御討論がありましたらどうぞ……。

○村田義鑑君 一寸御伺ひしますが、Fig. 8 の中に ordinary rudder と書いてありますのは、balance しないものゝことですか。Fig. 4 及 5 の sketch には舵軸の位置が書いてありませぬので、厚味を示した $B/3$ の位置に舵軸があるのかどうか、はつきり致しませぬのでお尋ね致します。次に御意見を伺ひたい。

第1に厚さの問題であります。ゲツチンゲンの実験を見ますと、厚い舵の方がよろしい。吾々が商船で用ひて居る舵の成績から推して、やはり赤崎さんの実験された $t/B=0.14$ よりも更に厚いものが良い様であります。私共は 0.17 が最もよいのではないかと思ふ。赤崎さんの結論に依れば、舵角大なる時には舵が厚くなる程直圧力が悪くなると云ふことになりますが、もつと厚い舵の方が操舵効果も擧るのではないでせうか。

第2に aspect ratio の問題ですが、これは古い実験で其の傾向は判つて居ました。併し此の赤崎さんの実験と計算とで、aspect ratio の影響が廣範圍まで判明しました事は、誠に欣快に堪へませぬ。そこで之は素人考へに過ぎませぬが、今假りに aspect ratio が 1.2 なる舵を横に 2 等分して、aspect ratio 0.6 の舵を上下 2 箇に分割したと考へます。素より其の間隔を適當にした場合、其の normal pressure は舵角 32° 附近に於て果して此の計算実験通りに plus 50% になるかどうか、之が成るとすれば面白い舵が出来る理窟であります。赤崎さんの御意見如何。

第3に Fig. 7 の捻扭力率曲線に就て申します。取舵中の max. twisting moment は Fig. 7 では舵角 35° よりも後で起る様になつて居りますが、吾々民間での實例では、商船でも軍艦でも大概は 32.5° 附近で起つて居る様であります。之は舵取機の油圧を見ても、又取舵始めてからの船の方

向、速力、drift angle 等の変化を見ましても、さうなる様に思はれます。殊に twin screw の場合では、左舷廻頭の時には左舷の propeller の回轉が激減しまして、其の影響が舵に大いに關係すると思ひます。右舷の propeller はあまり關係がありませぬ。随つて捻扭力の計算には此の點をも更に考へに入れる事が至當ではないかと思ひます。

第 4 に申したい事は、behind ship の影響であります。赤崎さん、實驗は多分單獨のものであらうと思ひますが、behind ship にての實驗になると、これらの關係が違つて來るのではないかと思ふ。aspect ratio と press との關係も、又 propeller race による twisting moment の累加も違つて來て、例へば twisting moment が零となる位置は取舵の時 Fig. 7 では 22.5° 附近となつて居ますが、吾々の調査では 17.5° 附近にある様であります。これは恐らく rudder の尖端に近い部分が比較的多く propeller race に入つて來るため、單獨實驗よりは大きな twisting moment が取舵の時に與へらるゝからであらうと思はれます。以上の諸問題に就て御意見を承りたい。

○赤崎 繁君 ordinary rudder with guide plate の意味は導板に蝶番で取着的普通の舵の意味であります。Fig. 4 及び 5 の舵軸の位置は實驗では $B/3$ の所に設けましたが、此處では舵軸の位置は無關係ですから記入致しませんでした。厚さと幅の比の大きい時と比の小さい時は逆になると思ひます。厚い方は軍艦では使はぬので後廻しにしたのです。

舵を上下に分けることは前後に分けることと共に實驗中でありますから次の折に許可を得まして報告申上たいと考へます。又 balance の位置が twisting moment が 17.5° の所に來たと言はれましたが、私のやつた舵と其の aspect ratio のものでは違ふのではないかと思ひますが、此の aspect ratio のものでは 25.6° 邊りで起り、aspect ratio により變り、又舵の在る位置により變ると思ふのであります。

aspect ratio が同じでラプソンスライドを使はれたのでしたら、それは操舵機械に無理をして油圧が昇りその油圧から計算すると twisting moment の balance する舵角が 17.5° 或はそれより小さくなります。従つて機械の据付けを直すか又は舵柄と操舵機との結合部に變位に對する逃を作れば油圧が下りますから、その油圧から計算して見ますと Fig. 7 の様になります。

○座長(山本武藏君) 他に御座いませんか。御座いませんければ私から伺ひたいと思ひます。143 頁の下から 4 行目の「舵が推進器の直後にある場合には $1.1V$ を用ひる」とありますが、此の V は旋回中の speed ですね。

○赤崎 繁君 さうです。旋回中の船の speed であります。

○山本武藏君 今旋回中の直圧力を測つて居るのですから、旋回中の speed を使ふのではありませんか。

○赤崎 繁君 speed は走つてゐる時の speed を用ひます。速さにより違ひますが、最も速い時は $7/9$ 位に落る事があります。

○座長(山本武藏君) 外に御質問がありません様ですから、私から御禮を申し上げます。赤崎君は舵の直圧力の實際問題に就て、實驗的に詳細お調べになりました。以前から舵の直圧力に關し、兼々深い御研究をなされ、既に色々な論文を出して居られますが、今回も又有益な研究結果を御出しになり、會員一同裨益する所洵に大であります。茲に拍手を以て御禮を申し上げたいと存じます。皆様の御賛同を願ひます。(拍手)