

(昭和十二年三月三十一日造船協會創立四十年記念講演會に於て講演)

水面滑走體の特殊底面形狀に就て

正員 工學士 三 木 鐵 夫
 准員 工學士 田 所 辰 馬
 准員 工學士 野 口 正 秋

Abstract.

A Suggested Form for the Bottom of a Body gliding on the Surface of Water.

By T. Miki, *Kogakushi, Member*,
 T. Tadokoro, *Kogakushi*,
 M. Noguchi, *Kogakushi*.

A form (with a broken line in the profile) is suggested for the bottom of a body gliding over the water. A broad conclusion for the case of such bottom form is derived from the results of the pressure distribution on the lower surface of an aerofoil with trailing edge flap, the existence of a theoretical analogy being assumed. Its calculation as a two dimensional flow of the half plane along a broken line form is given. The minimum value of the lift-drag ratio is found reduced as anticipated. Throughout the paper the effect of the buoyancy has been neglected.

目 次

§ 1. 緒 論	§ 5. 特殊底面形狀の實驗
§ 2. 揚力と底面形狀	§ 6. 結 語
§ 3. 下げ翼裝備翼下面壓力分布の計算	附 録 [1] 符 號
§ 4. 下げ翼實驗結果よりの推論	[2] 詳細計算例

§ 1. 緒 論

水上滑走 (hydroplaning) とは底面が全然水面に乗り滑走體の重量に釣合ふ上向の鉛直力は排水量に起因する浮力によらず、hydrodynamical の揚力に基くやうな運動状態を云ふ。従つて此の状態に於ける抵抗、或は滑走體の形狀の評價は底面形の揚抗比が尺度となる。本文に於ては平板を取扱ひ折曲り形狀の底面形を提唱するものである。本文の範圍内では滑走體の抵抗理論の本質に觸れず、便宜上 Wagner の滑走體の理論⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾及翼理論による下面のみを取扱つて絶対値でなく比較値を出して見

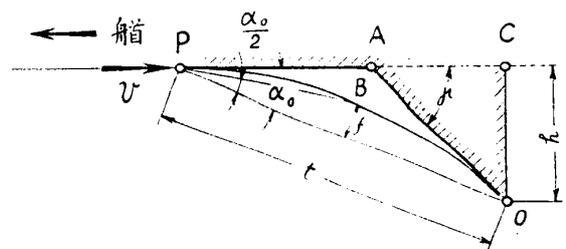
(1) H. Wagner, Über Stoß- und Gleitvorgänge an der Oberfläche von Flüssigkeiten. Z. A. M. M. Ang. 1932.
 (2) H. Wagner, Über das Gleiten von Körpern auf der Wasseroberfläche. Proceedings of the Fourth International Congress for Applied Mechanics 1934 S. 126.
 (3) A. Sambras, Gleitflächenversuche bei großen Froudesche Zahlen und Tragflügelvergleich. Luftfahrtforschung, Bd. 13 (1936) Nr. 8.

た。

§2. 揚力と底面形状

造船學に於ける船形の研究及航空工學に於けるフロート及飛行艇々體形状の研究は主として模型實驗及實物の經驗に依つて行はれて來た。縮尺模型實驗は理論を主とせず、經驗に依る形状の曳航實驗結果を見て trial and error の方法により改良して進歩したものである。元來 hydrodynamical の揚力を増加する着想は既に古くから考へられてゐる。例へば伊太利の Guidoni の水中翼の試み⁽¹⁾は模型及實物實驗により相當の成績が擧げられ、獨逸⁽²⁾及米國⁽³⁾でも之れの研究が進められて來た。

著者の着想は飛行機翼の下げ翼装置を水上滑走に應用せんとするものであつて、下げ翼の主目的たる揚力の増加のみを採り揚抗比の悪化は避け得られると考へた。即ち下げ翼背面後方の死水範圍が水でなく空氣であるから、下面のみが利用され、揚抗比は寧ろ増加するのである。之れは step 部に下向曲面を附けたのと（俗に之れを hook と呼んでゐる⁽⁴⁾）同様である。問題を水面滑走状態にのみ限れば理論的取扱が比較的簡單になる。hydrodynamical に良好な形状即ち圓弧型の底は Wagner によつて理論的に提案され⁽⁵⁾ Sottorf が實驗的に其の效能を證明してゐる⁽⁶⁾。



第1圖 折曲り段と圓弧段

今 step 部に附けた下げ翼及 hook の部分のみを少し考へてみよう。第1圖に於て PAC を右より左へ向つて水面を滑走する滑走體底面と考へ、 O を step の踵とし踵の高さを h とす。但し此の踵の高さとは前方直線底の延長よりも突出した高さを云ふ。 O を通り前方底面へ移る底面形に切する圓弧 \widehat{OBP} と下げ翼型 OAP とを考へる。今完全流體に對する二次元流の理論を考ふれば、圓弧及下げ翼が前縁に岐點 (Staupunkt) 及吸引點 (Saugpunkt) の一致する迎角に於ては、前縁に切する流入がある。便宜上この切線を延長したものを前部底面と考へて次の計算をやる (第1圖)。圓弧翼の此場合の揚力は弦長に對して矢高の低い時は矢高に比例し、

(1) A. Guidoni, Seaplanes, Fifteen Years of Naval Aviation, J. of R. A. S. p. 25. Jan. 1928.

(2) W. Graff, 翼の浮力に依る船體抵抗の減少 (獨逸 Hamburg 水槽報告第 127 號) W. R. H. 15. Nov. 1935, S. 334. 抄録* (造船協會雜纂第 170 號昭和 11 年 5 月第 12 頁)

(3) J. B. Parkinson, Tank Tests of Models of Floats for Single-float Seaplane—1st Series, N. A. C. A. Tech. Note 第 563 號 April 1936. 抄録* (日本航空學會誌昭和 11 年 9 月第 1002 頁)

* 著者等は原文を持たない爲、抄録を讀んだのみである。

(4) S. Truscott, The N. A. C. A. Tank, A High-speed Towing Basin for testing Models of Seaplane Floats. N. A. C. A. Rep. No. 470 (1933)

(5) H. Wagner 第 1 頁脚註 (1) 及 (2) 参照。

(6) W. Sottorf, Versuche mit Gleitflächen. III. Teil. W. R. H. 1. März 1933. S. 65.

$$R_1 = \rho v^2 \pi \cdot f \dots \dots \dots (1)$$

弦長には無関係である。⁽¹⁾ 但し (1) 式は Wagner⁽²⁾ に従ひ滑走面の揚力は圆弧翼の揚力の半分としたものである。又下げ翼を Schmieden の論文の結果を用ひて計算すれば⁽³⁾

$$R_2 = \rho v^2 \frac{\pi}{2} t \left(\alpha_0 - \frac{\gamma}{\pi} \right) \dots \dots \dots (2)$$

第 1 圖より $\gamma = 2\alpha_0$, $f = \frac{t}{2} \cdot \frac{\alpha_0}{2} = \frac{\alpha_0 t}{4}$ なることは明かであるから、式 (1) 及 (2) の比を取ると

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2}{\pi} \right)} = \frac{1}{0.726} = 1.38$$

即ち圆弧の方が有利である。而して各 dynamical force は α_0 の小さい時は一定速度に對しては $\alpha t = h$ のみに比例するから、踵の高さを一定とすれば底面の形状の性質のみに關係し弦長には無関係である。即ち曲面の始まる點 P の位置には關係しない。然し揚抗比は α_0 に比例するから P 點が前へ行く程有利な形状が得られる。然し高速度滑走に於ては滑走面の前端は船より可なり後方に移動するから、 P 點の位置は相當研究を要する問題である。又前記計算では翼の前縁を P 點とし此の點に滑らかな流入のあることを假定してゐるが、實際は前方の迎角を零としても P 點より前も揚力を受持ち、特に下げ翼の場合に之が有效である様に思考される。又下げ翼は飛行機翼と同様 P 點に蝶番を置き可動式とすれば面白い結果が得られるかも知れない。然し之は強度上相當困難な問題である。

§ 3. 下げ翼裝備翼下面壓力分布の計算

下げ翼裝備翼の風壓分布試験の結果より見て、下げ翼による下面風壓分布の増加は、下げ翼角度一定の時主翼の迎角の可なり大きな範圍に於て大體一定であることより、下げ翼より前方を無限に長いものとして完全流體の二次元流を不連続流 (discontinuous flow) と考へて理論的に出し、壓力分布の有様を實驗結果と比較して見た。

宮津助教授に従ひ⁽⁴⁾ t 面の t の實數軸上 $t=1$ の點に doublet を置き、式

$$w = \frac{m}{\pi} [\zeta^n + \zeta^{-n} - 2]^{-1}$$

より出發する。上式を書き直して

(1) R. Grammel, Die hydrodynamischen Grundlagen des Fluges, Braunschweig 1917. S. 73.

(2) H. Wagner, 第 1 頁の脚註 (1) 及 (2) 参照。

(3) C. Schmieden, Die Strömung um ebenen Tragflügel mit Querruder. Z. A. M. M. Aug. 1936. 但し (2) 式は Fuchs-Hopf-Seewald, Aerodynamik. 2 Aufl. Bd. II. S. 97 からも出せる。

(4) 宮津純, 完全流體の二次元的流れに對する解の一考案, 機械學會誌 昭和 7 年 4 月。

$$w = \frac{m}{\pi} \frac{\zeta^n}{[\zeta^n - 1]^2} \dots \dots \dots (3)$$

(3) 式を ζ に就いて微分し

$$\frac{dw}{d\zeta} = -\frac{m}{\pi} n \frac{\zeta^{n-1}[\zeta^n + 1]}{[\zeta^n - 1]^3}$$

従つて

$$z = -\int \zeta dw = \frac{m}{\pi} n \int \frac{\zeta^n[\zeta^n + 1]}{[\zeta^n - 1]^3} d\zeta$$

$$= \frac{m}{\pi} \cdot n \left[\int \frac{d\zeta}{\zeta^n - 1} + 3 \int \frac{d\zeta}{(\zeta^n - 1)^2} + 2 \int \frac{d\zeta}{(\zeta^n - 1)^3} \right]$$

上式の積分に當り $a \neq 1$ とし、一般に

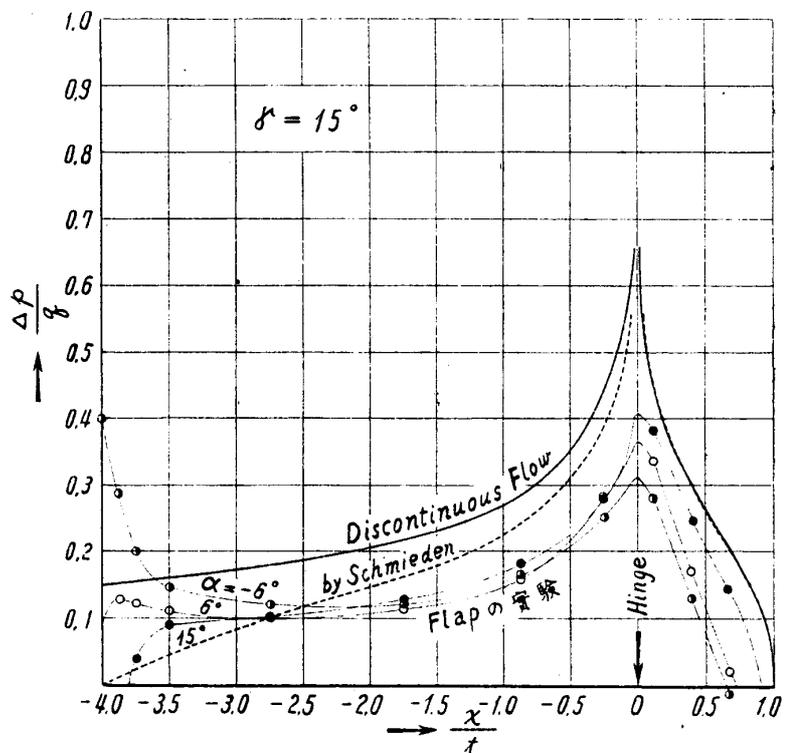
$$\int \frac{d\zeta}{(\zeta^n - 1)^a} = \frac{\zeta}{n(1-a)(\zeta^n - 1)^{a-1}} - \left[1 + \frac{1}{n(1-a)} \right] \int \frac{d\zeta}{(\zeta^n - 1)^{a-1}}$$

の關係を利用して計算すれば

$$z = \frac{m}{\pi} \cdot n \left[-\zeta \left\{ \frac{n+1}{n^2(\zeta^n - 1)} + \frac{1}{n(\zeta^n - 1)^2} \right\} + \frac{1}{n^2} \int \frac{d\zeta}{\zeta^n - 1} \right] \dots \dots \dots (4)$$

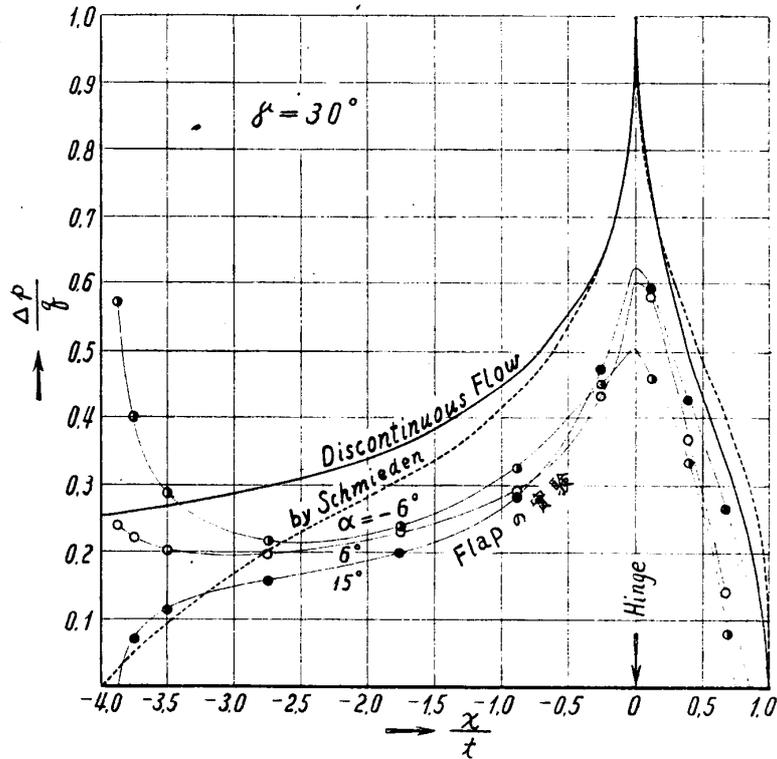
となる。最後の積分項は公式に在るもので本文末に示してゐる。尙 n に數値を入れて色々な角度の値を附録に掲げて置いた。

以上の關係を使つて飛行機翼下げ翼の壓力分布結果の下面の値と比較して見ると、第2圖乃至第4圖のやうになる。此場合 α は主翼の迎角を示す。圖より見る如く實驗値は下げ翼一定の時主翼の可なり廣い迎角範圍で翼及下げ翼下面の壓力分布の狀態が等しい。實驗結果は蝶番部凹みの頂點に岐點壓が現はれない。之れは此種の隅には境界層の厚さの増加が起り、實際は此部を丸めたと同様の結果を齎らす爲である⁽¹⁾。又主翼の負迎角で大きな下げ翼角の時この部に渦流の出来ることは實驗の示す通りである。第2圖 下げ翼實驗と理論計算との壓力分布比較圖。下げ翼角 $\gamma = 15^\circ$

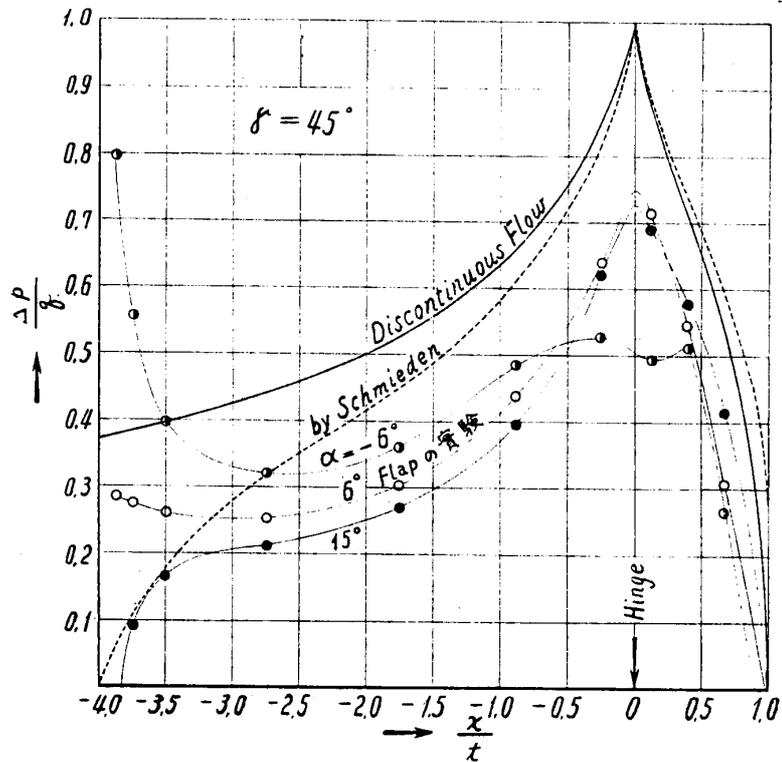


第2圖 下げ翼實驗と理論計算との壓力分布比較圖。下げ翼角 $\gamma = 15^\circ$

(1) 松本容吉。壁に沿ふて曲る噴流に就いて、機械學會誌 第三十卷第百二十二號。



第 3 圖 下げ翼實驗と理論計算との壓力分布比較圖。下げ翼角 $\gamma = 30^\circ$



第 4 圖 下げ翼實驗と理論計算との壓力分布比較圖。下げ翼角 $\gamma = 45^\circ$

尙圖中點線で示したのは Schmieden⁽¹⁾ によつて計算したものを示して置いた。主翼の前縁近くの値の著しい變化は本文の問題外であるが、前縁近くの上面或は下面に岐點が存在し、前縁に上面或は下面への急速な回流が起る爲である。兎に角理論に於ても實驗に於ても前述の様に壓力は蝶番位置から前方下げ翼弦と等しい場所迄 (§2 の理論) に限られず、遠く前縁迄その影響を及ぼすことは明瞭である。

§4. 下げ翼實驗結果よりの推論

下げ翼裝備翼に對する壓力分布實驗は近來相當行はれてゐる。今米國の實驗を利用して推論して見よう。

下げ翼を取つた場合の翼下面のみを考へて、其壓力の増加を出し揚力及抵抗を計算し、下げ翼をおろさない翼と比較する。此の場合摩擦抵抗は入つて來ないが、比較の相手も同様であるから比較としては差支へない筈である。N. A. C. A. Rep. No. 571⁽²⁾ に出てゐる實驗は弦長 20" (508 mm) の Clark Y 断面模型に 20% の下げ翼を附けたものである。同報告の断面 G (翼幅中央に最も近い断面) に對して計算して見る。報告に出てゐる圖を書き直して、下げ翼角の一定なものを各一纏めにして書くと、第 2 圖乃至第 4 圖のやうになる。此の圖より解ることは實驗は主翼角度 -6° 乃至 $+15^\circ$ と云ふ様に大きな範圍であるに拘らず、下げ翼による壓力増加量は割合に變化しない。特に下げ翼角の小さい時に此の傾向がはつきり出る。従つて滑走體で取扱ふ迎角の變化の程度ならば、壓力増加量は主翼の迎角に無關係であることが推論される。

次に上記の結果より下げ翼裝備翼下面の揚力及抵抗を出す。揚力 A は

$$A = (R + \Delta R) \cos \alpha + (R_F + \Delta R_F) \cos (\alpha + \gamma)$$

抵抗 W は

$$W = (R + \Delta R) \sin \alpha + (R_F + \Delta R_F) \sin (\alpha + \gamma)$$

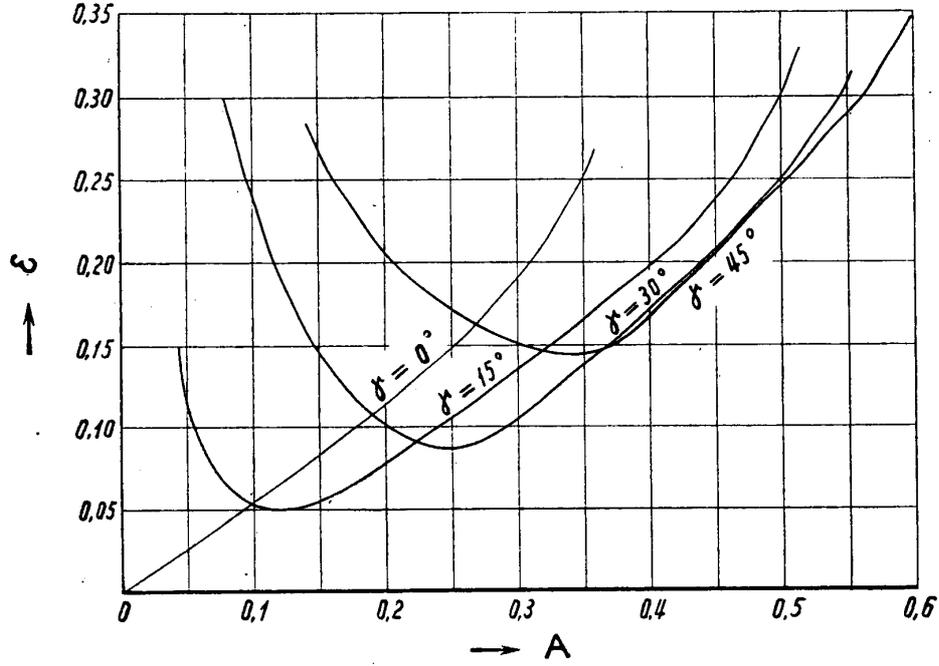
但し R 及 R_F は下げ翼を使用しない場合に迎角 α に對する下げ翼以外の部分及下げ翼の部分の壓力總和より得たる合力、 ΔR 及 ΔR_F は下げ翼を使用したる場合、下げ翼を除いた部分及下げ翼部の壓力増加を示す。滑空値 ε (揚抗比の逆數) は

$$\varepsilon = \frac{W}{A} = \frac{(R + \Delta R) \sin \alpha + (R_F + \Delta R_F) \sin (\alpha + \gamma)}{(R + \Delta R) \cos \alpha + (R_F + \Delta R_F) \cos (\alpha + \gamma)}$$

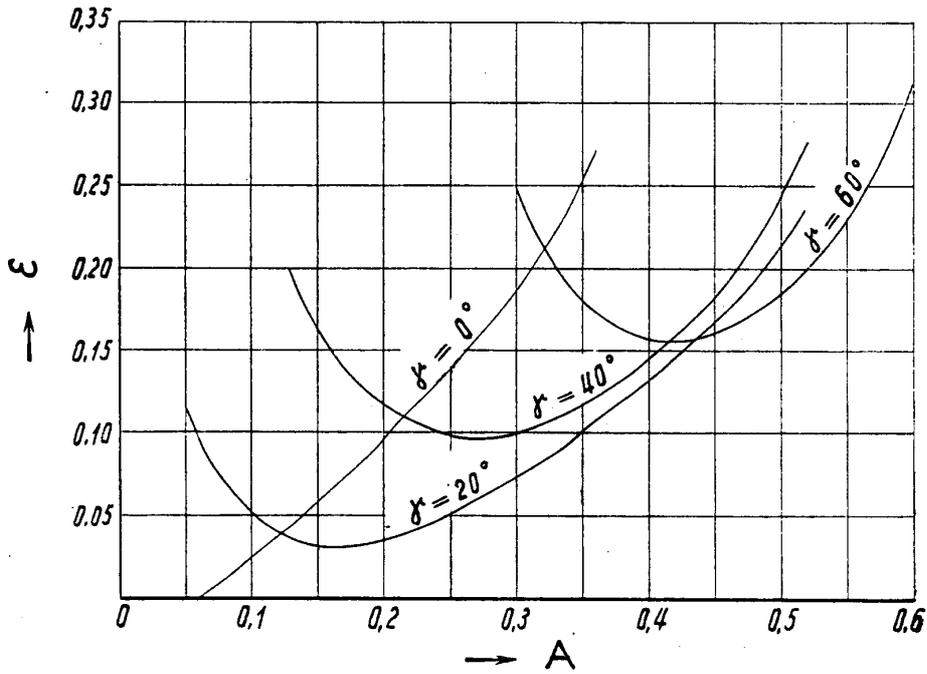
となる。下げ翼なしの時の滑空値 ε は $\tan \alpha$ に等しい。以上の計算を行ひ揚力 A を横軸に取り ε を縦軸に取つて曲線を引くと第 5 圖のやうになる。但し A の尺度は岐點壓 $(\gamma/2g \cdot v^2)$ に弦長を乗

(1) C. Schmieden; Die Strömung um einen ebenen Tragflügel mit Querruder. Z. A. M. M. Bd. 16. Heft. 4. Aug. 1936. 本數値計算は小澤泰代理學士にやつて戴いたものである。

(2) C. J. Wenzinger and T. A. Harris. Pressure Distribution over a Rectangular Airfoil with a Partial-span Split Flap. N. A. C. A. Rep. No. 571 (1936).



第 5 圖 翼下面壓力分布より計算した揚力と滑空値との關係
(N. A. C. A. Rep. No. 571 に依る)



第 6 圖 翼下面壓力分布より計算した揚力と滑空値との關係
(N. A. C. A. Rep. No. 539 に依る)

じたものを 1 とした。第 6 圖は以上と全然同様の計算を N. A. C. A. Rep. No. 539⁽¹⁾ に就て行つたものである。此の實驗は翼弦 66" (1.676 m) の實物飛行機 (Fairchild 22) を N. A. C. A. の實物風洞で試験したものである。使用翼型は N. A. C. A. 2212 である。此の報告の内 20% 弦の下げ翼の蝶番を翼の後縁より弦長の 20% の所に附けたものゝ結果を使用した。

以上の計算によつて得た第 5 圖及第 6 圖より次の事實が推論される。

- (1) 翼下面のみの揚抗比は下げ翼を附けた時は或一定の揚力係數以上に於て下げ翼なしの時より改善される。
- (2) 第 (1) 項の一定揚力係數及び揚抗比最大 (ϵ 最小) の揚力係數の値は、下げ翼角の増加する程大きな値に移動する。
- (3) 下げ翼角 15° 或は 20° 以上とするも効果は少い。即ち徒らに揚力小なる角度に於ける揚抗比を減少し、揚力大なる角度に於ける揚抗比の増加は比較的少い。
- (4) 揚力大なる時の揚抗比は下げ翼角大なる程良好となる (第 6 圖は稍不規則である)。

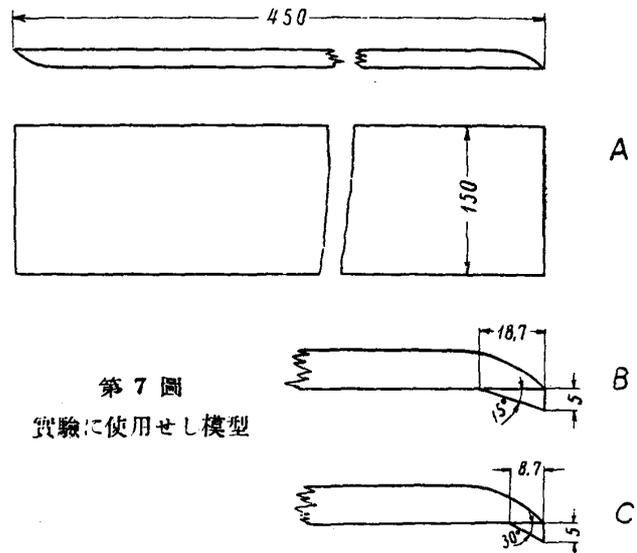
§5. 特殊底面形状の實驗

模型 模型は木製漆塗のものを用ひた。その寸法は

幅 150 mm 長さ 450 mm

後縁を折曲り形とする爲、楔形の木を取附けた。便宜上普通の板を模型 A、 15° の楔附を模型 B、 30° の楔附を模型 C とす (第 7 圖)。

實驗裝置 板の背面に金物を取付け、長い雌ねぢを二本長さの方向に取付けて、之れに中心に雌ねぢを切つた分銅をねぢ込み、模型重量を調整すると共に、分銅の前後の移動により重心を加減した。前縁上部に曳航點を作り之れより 110 mm 後方にトリム記録用棒取附點を作つた (第 8 圖)。曳航フレームは常に水平になるやうに調整しながら實驗した。試験水槽及抵抗測定装置は愛知時計電機株式会社のものを使用した⁽²⁾。

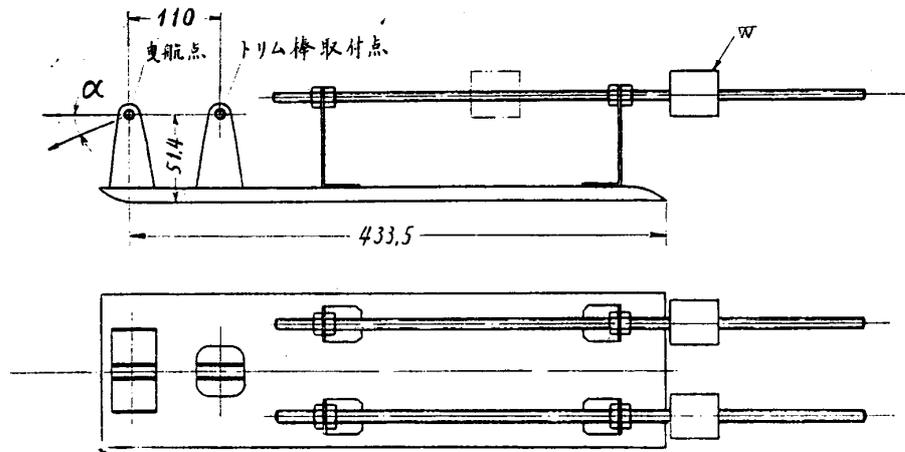


第 7 圖
實驗に使用せし模型

實驗 模型全備重量を 2.250 kg 及び 3.000 kg の 2 種とし曳航速度は全實驗を通じて 3.5 m/s を

(1) R. Wallace, Investigation of Full-scale Split Trailing-edge Wing Flaps with Various Chords and Hinge Locations. N. A. C. A. Rep. No. 539 (1935).

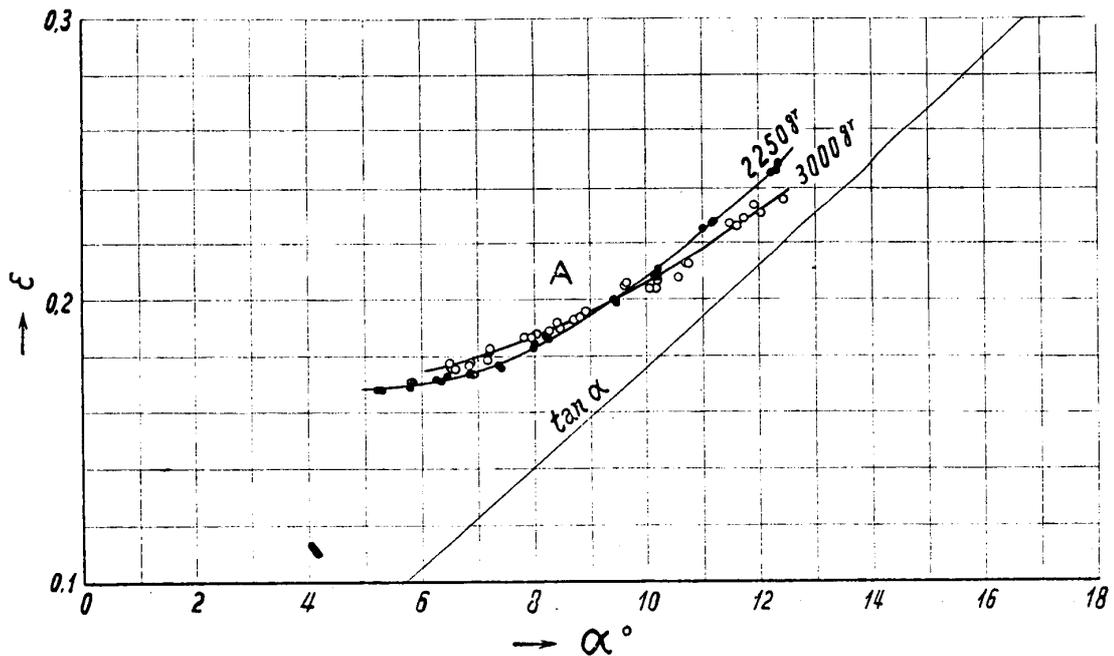
(2) 著者。愛知時計電機株式会社試験水槽に就て。造船協會會報第五十一號 (昭和八年四月)



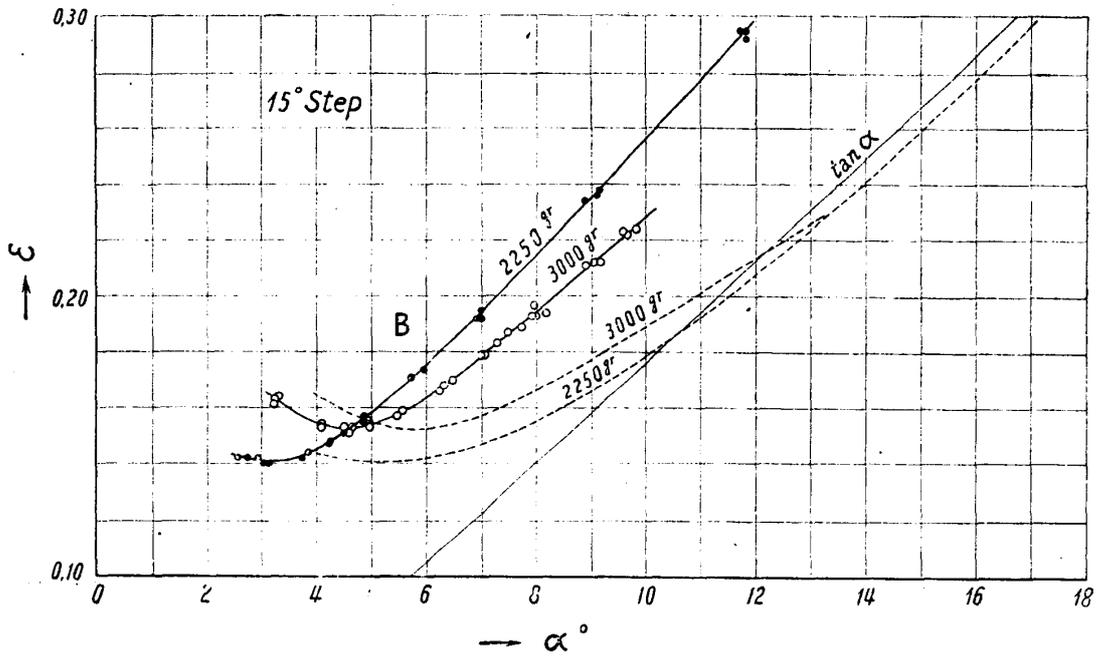
第 8 圖 實 験 装 置

使用した。曳航により抵抗、トリム及ヒービングを測定し、模型重心の移動により、力の作用点及後縁廻りのモーメントが算出出来る。測定装置の空気抵抗は模型を取外して別に之れを測定して、之れを全抵抗値から差引いた。然し模型そのもの及其の背部に固定の分銅等の空気抵抗は其の儘にして補正を施してゐない。後述するやうに板の迎角の意義を明瞭ならしめる爲め必要であるから、別に曳航板の水面と交はる點附近に白ペンキを塗つて曳航し、水流の岐點の軌跡を測定して浸水長を求めた。

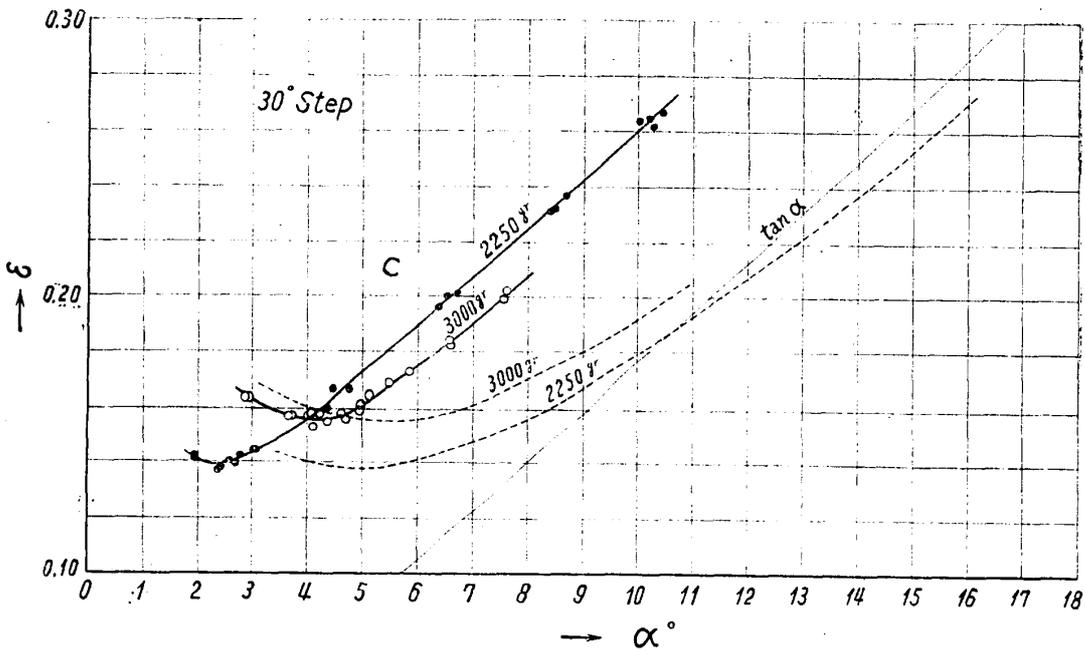
實驗結果 實驗結果は第 1 表乃至第 6 表及び第 9 圖乃至第 14 圖に示した。第 10 圖及第 11 圖によれば抵抗比 ϵ の最小値は豫想通り確かに楔型を附けたものは減少して居る。然し迎角の大きな處では悪く出てゐる。之れは迎角は主板を基にして測定した爲であつて、板はその角度及重量により



第 9 圖 平 板 A の ϵ

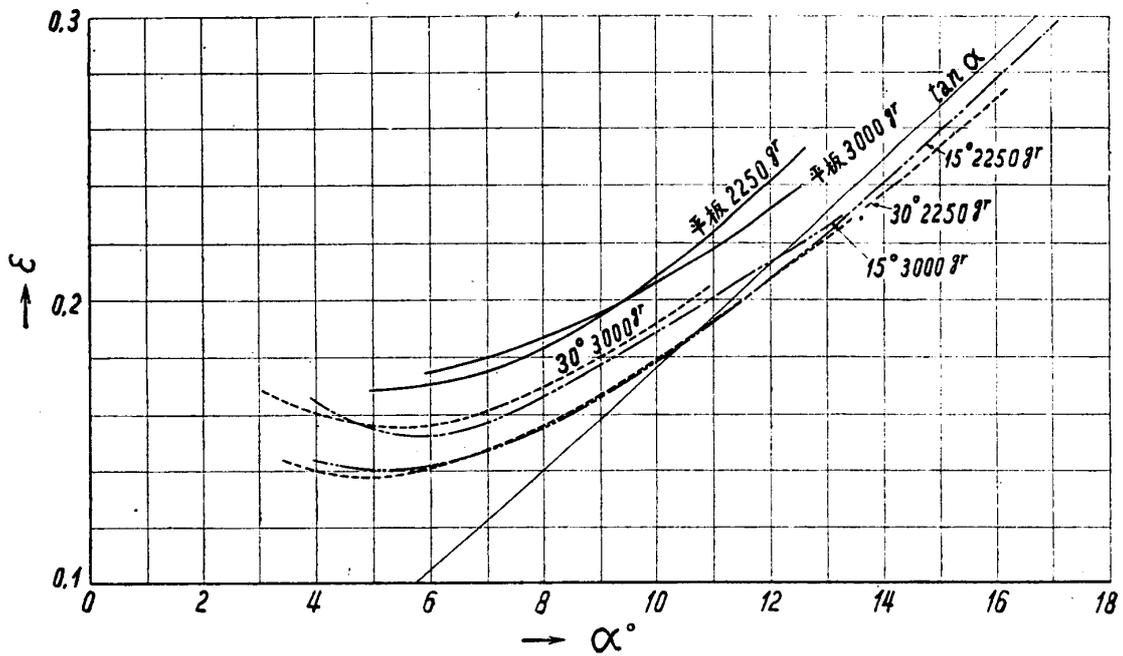


第 10 圖 楔 型 B の ϵ

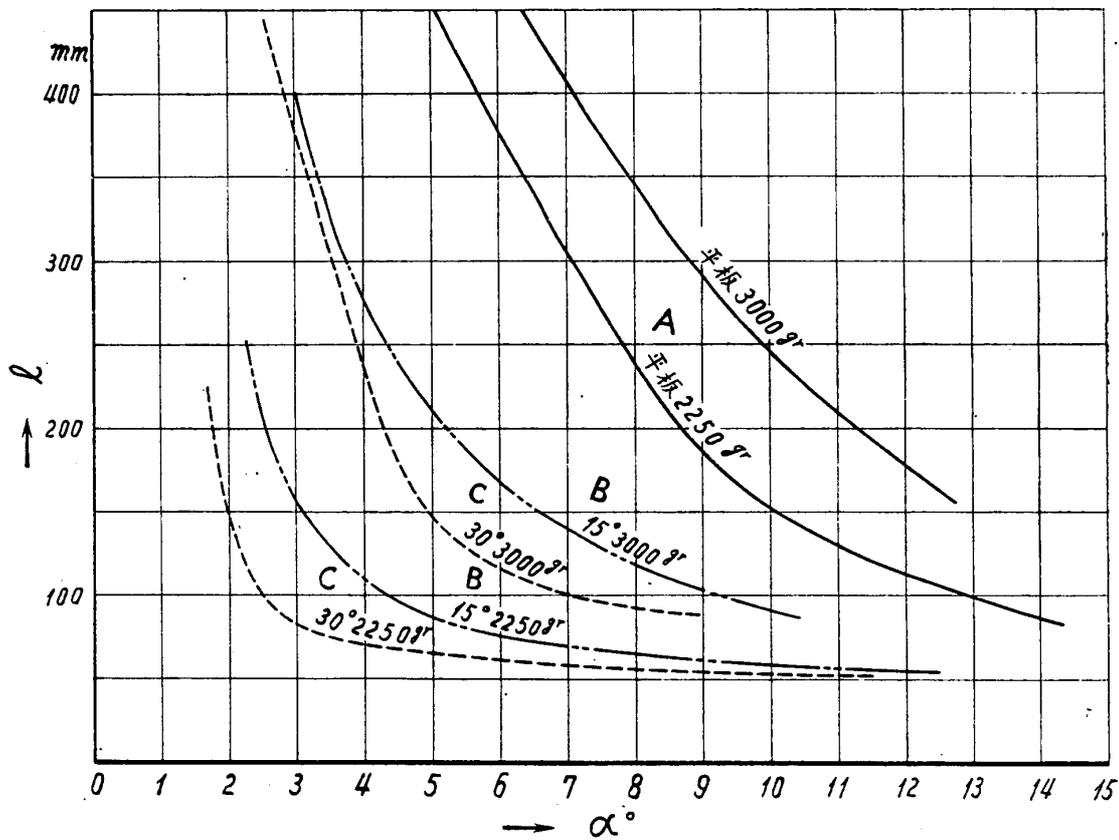


第 11 圖 楔 型 C の ϵ

接水面積が變化するから、夫れを考慮しなければ迎角の意義がなくなる。今便宜上分歧點 S (第 15 圖) を標準として迎角を決定しよう。實際は S より前方へ放射される水も揚力に與る理であるが、此の實驗裝置では其の範圍が明瞭に分らない爲、比較的測定の容易な岐點を選んだ。此の岐點と後縁との距離を主板に沿つて測り、之れを浸水長 l として第 13 圖に示した。但し此の場合圓弧形を畫く岐點の軌跡に於て其の最大値即ち板の中心に於ける岐點を使用することにした。



第12圖 各種底面ノ比較



第13圖 浸水長

第 1 表 平板、模型重量 2,250 gr 實驗成績

試験番號 No.	速度 v (m/s)	重心位置		迎角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實迎角 α_1 (degree)	抵抗 W (gr)	$\frac{W}{A} = \epsilon$	モーメント M (kg·m)	モーメント係數 $\frac{M}{Ab}$
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)								
3	3.48	49.7	46.4	12.35	84.9	(109)		560.3	0.249	0.167	0.495
5	3.51	49.7	"	12.23	84.1	(111) ⁽²⁾		552.3	0.246	0.166	0.492
6	3.49	49.7	"	12.33	85.2	(109)		556.0	0.247	0.166	0.492
7	3.52	66.9	"	11.01	72.9	(131)		507.0	0.225	0.196	0.581
8	3.51	66.9	"	11.18	73.8	(127)		510.5	0.227	0.196	0.581
9	3.49	66.9	"	11.22	74.0	(126)		513.0	0.228	0.197	0.584
10	3.51	84.2	"	10.21	64.1	(148)		468.3	0.208	0.228	0.676
11	3.51	84.2	"	10.16	63.2	(149)		468.3	0.208	0.228	0.676
12	3.50	84.2	"	10.21	64.0	(148)		473.7	0.211	0.229	0.679
13	3.50	101.5	"	9.49	56.2	(168)		447.7	0.199	0.263	0.779
14	3.50	101.5	"	9.44	55.7	(170)		450.7	0.200	0.263	0.779
18	3.50	133.6	"	8.27	42.3	(222)		417.7	0.186	0.330	0.978
19	3.50	133.6	"	8.22	43.4	(225)		421.7	0.187	0.330	0.978
23	3.50	150.8	"	8.00	37.3	(238)		412.7	0.183	0.368	1.091
26	3.49	150.8	"	8.02	37.6	(237)		413.0	0.184	0.368	1.091
28	3.51	173.9	"	7.37	30.2	(280)		398.3	0.177	0.417	1.236
29	3.51	173.9	"	7.42	30.1	(276)		395.3	0.176	0.417	1.236
30	3.51	196.9	"	6.85	23.9	(316)		391.7	0.174	0.468	1.387
31	3.50	196.9	"	6.90	23.5	(312)		390.7	0.174	0.468	1.387
32	3.49	196.9	"	6.93	23.8	(311)		392.0	0.174	0.468	1.387
33	3.51	219.8	"	6.25	17.9	(359)		386.3	0.172	0.520	1.541
34	3.47	219.8	"	6.45	18.3	(344)		389.7	0.173	0.520	1.541
35	3.50	219.8	"	6.35	18.0	(351)		384.7	0.171	0.519	1.538
37	3.50	242.8	"	5.80	12.5	(393)		384.7	0.171	0.570	1.690
38	3.48	242.8	"	5.85	12.5	(389)		385.3	0.171	0.571	1.692
39	3.52	242.8	"	5.80	12.3	(393)		381.0	0.169	0.570	1.690
43	3.51	269.3	"	5.23	6.5	(438)		377.3	0.168	0.628	1.860
44	3.50	269.3	"	5.30	6.3	(431)		377.7	0.168	0.628	1.860
47	3.55	49.7	"	12.98	88.6	95					
48	3.51	49.7	"	13.33	88.1	96					
49	3.48	66.9	"	12.18	76.5	111					
50	3.48	66.9	"	12.03	75.8	114					
53	3.51	84.2	"	10.98	64.2	129					
54	3.51	84.2	"	11.08	64.8	130					
55	3.50	101.5	"	10.24	56.2	148					
56	3.53	101.5	"	10.22	56.4	146					
57	3.50	133.6	"	8.87	41.0	194					
58	3.49	133.6	"	8.72	40.5	196					
59	3.50	173.9	"	7.77	28.2	249					
60	3.48	173.9	"	7.87	28.1	251					
61	3.46	219.8	"	6.90	16.1	318					
62	3.50	219.8	"	6.75	16.3	318					
64	3.55	269.3	"	5.48	4.2	409					
65	3.51	269.3	46.4	5.63	5.0	407					

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4\text{mm}$ となる。

(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

第 2 表 平板、模型重量 3,000gr 實驗成績

試驗番號 No.	速度 v (m/s)	重心位置		迎角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實迎角 α_1 (degree)	抵抗 W (gr)	$\frac{W}{A} = \varepsilon$	モーメント M (kg.m)	モーメント係數 $\frac{M}{Ab}$	
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)									
4	3.51	95.4	41.3	11.93	70.9	(182)		703.3	0.234	0.353	0.784	
5	3.48	95.4	"	12.45	72.0	(166) ⁽²⁾		709.3	0.236	0.355	0.789	
6	3.51	101.8	"	12.05	68.0	(179)		693.3	0.231	0.371	0.824	
7	3.50	108.3	"	11.75	65.0	(188)		685.7	0.229	0.388	0.862	
8	3.50	108.3	"	11.50	65.1	(195)		680.7	0.227	0.387	0.860	
12	3.53	108.3	"	11.63	64.5	(191)		677.7	0.226	0.387	0.860	
14	3.53	132.5	"	10.58	53.4	(227)		624.7	0.208	0.449	0.998	
15	3.52	132.5	"	10.71	54.5	(222)		638.0	0.213	0.451	1.002	
16	3.48	132.5	"	10.76	53.8	(219)		638.7	0.213	0.451	1.002	
18	3.53	149.8	"	10.18	46.3	(242)		612.7	0.204	0.498	1.107	
19	3.53	149.8	"	10.06	46.2	(246)		611.7	0.204	0.498	1.107	
20	3.51	149.8	"	10.22	47.1	(240)		621.3	0.207	0.499	1.109	
22	3.51	167.0	"	9.54	40.5	(267)		600.3	0.200	0.547	1.215	
23	3.49	167.0	"	9.62	40.8	(264)		614.0	0.205	0.548	1.218	
24	3.49	167.0	"	9.64	40.8	(263)		617.0	0.206	0.549	1.220	
27	3.48	188.6	"	8.92	33.0	(296)		588.3	0.196	0.610	1.355	
28	3.51	188.6	"	8.84	32.8	(300)		583.3	0.194	0.608	1.351	
29	3.51	188.6	"	8.72	32.4	(306)		579.7	0.193	0.608	1.351	
31	3.52	205.8	"	8.29	27.1	(330)		566.0	0.189	0.657	1.460	
33	3.47	205.8	"	8.47	27.3	(320)		571.7	0.190	0.658	1.462	
34	3.49	205.8	"	8.42	27.2	(323)		576.0	0.192	0.658	1.462	
37	3.49	219.7	"	8.05	22.9	(345)		563.0	0.188	0.698	1.551	
38	3.50	219.7	"	7.97	23.0	(350)		561.7	0.187	0.698	1.551	
39	3.51	219.7	"	7.85	23.0	(358)		560.7	0.187	0.698	1.551	
40	3.51	245.0	"	7.22	15.2	(395)		549.3	0.183	0.771	1.713	
41	3.49	245.0	"	7.17	14.5	(398)		537.0	0.179	0.770	1.711	
42	3.51	245.0	"	7.22	15.3	(395)		544.7	0.182	0.770	1.711	
43	3.51	258.0	"	6.85	11.8	(418)		532.3	0.177	0.807	1.793	
46	3.52	258.0	"	6.87	11.8	(417)		535.0	0.178	0.807	1.793	
47	3.52	270.8	"	6.53	8.1	(433)		527.0	0.176	0.845	1.877	
48	3.51	270.8	"	6.60	8.1	(433)		528.3	0.176	0.847	1.882	
50	3.53	275.2	"	6.50	7.1	(440)		529.7	0.177	0.859	1.908	
51	3.53	275.2	"	6.50	7.1	(440)		533.7	0.178	0.859	1.908	
54	3.51	95.4	"	12.46	66.7	168	浸水長測定					
55	3.55	95.4	"	12.36	61.1	165						
57	3.46	132.5	"	11.08	50.5	210						
58	3.50	132.5	"	10.96	50.2	210						
59	3.47	167.0	"	9.92	37.0	253						
60	3.51	167.0	"	9.72	36.5	253						
61	3.52	205.8	"	8.67	23.9	309						
62	3.51	205.8	"	8.72	23.8	308						
65	3.56	245.0	"	7.50	12.2	369						
66	3.50	245.0	"	7.67	12.1	371						
67	3.48	270.8	"	7.03	5.8	419						
68	3.48	270.8	41.3	7.00	5.8	418						

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4\text{mm}$ となる。

(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

第 3 表 15° 楔型附加、模型重量 2,250 gr 實驗成績

試験 番 號 No.	速 度 v (m/s)	重 心 位 置		迎 角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實 迎 角 α_1 (deg ee)	抵 抗 W (gr)	$\frac{W}{A} = \epsilon$	モーメント M (kg.m)	モーメント係數 $\frac{M}{Ab}$
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)								
5	3.50	-2.5	46.3	11.83	94.0	(56.0)	(16.93)	656.7	0.292	0.065	0.193
6	3.51	-2.5	"	11.71	94.5	(56.5)	(16.76)	663.3	0.295	0.065	0.193
7	3.51	-2.5	"	11.83	95.2	(56.0)	(16.93)	663.3	0.295	0.066	0.196
10	3.46	14.7	"	9.16	72.5	(61.0)	(13.86)	535.0	0.238	0.080	0.237
11	3.51	14.7	"	8.89	71.1	(61.5)	(13.57)	527.3	0.234	0.079	0.234
12	3.47	14.7	"	9.11	72.5	(61.0)	(13.81)	530.7	0.236	0.080	0.237
13	3.51	26.1	"	6.92	54.6	(70.0)	(11.00)	431.3	0.192	0.090	0.267
14	3.50	26.1	"	7.02	55.6	(69.0)	(11.17)	432.7	0.192	0.091	0.270
15	3.50	26.1	"	7.00	55.6	(69.5)	(11.13)	438.7	0.195	0.091	0.270
16	3.51	31.9	"	5.73	45.0	(78.0)	(9.40)	384.3	0.171	0.097	0.288
18	3.50	31.9	"	5.96	46.6	(76.0)	(9.73)	391.7	0.174	0.098	0.290
19	3.51	37.6	"	4.86	37.5	(88.0)	(8.11)	349.3	0.155	0.106	0.314
20	3.51	37.6	"	4.88	37.6	(87.5)	(8.15)	353.3	0.157	0.107	0.317
22	3.51	43.3	"	4.28	32.4	(101.0)	(7.11)	332.3	0.148	0.117	0.347
24	3.50	43.3	"	4.53	33.9	(95.0)	(7.55)	338.7	0.151	0.118	0.350
25	3.51	43.3	"	4.26	31.9	(102.0)	(7.06)	330.3	0.147	0.117	0.347
26	3.50	49.0	"	3.88	28.0	(114.0)	(6.40)	324.7	0.144	0.129	0.382
27	3.53	49.0	"	3.76	27.3	(118.0)	(6.19)	319.7	0.142	0.129	0.382
28	3.49	49.0	"	3.89	27.9	(114.0)	(6.41)	323.0	0.144	0.129	0.382
29	3.51	63.4	"	3.16	20.5	(146.0)	(5.13)	315.3	0.140	0.160	0.474
30	3.53	63.4	"	3.06	19.7	(153.0)	(4.93)	314.7	0.140	0.160	0.474
32	3.55	74.8	"	2.59	14.2	(197.0)	(4.04)	319.0	0.142	0.186	0.551
34	3.51	74.8	"	2.76	16.5	(178.0)	(4.38)	320.3	0.142	0.186	0.551
35	3.51	74.8	"	2.96	16.5	(162.0)	(4.73)	320.3	0.142	0.186	0.551
33	3.46	-2.5	"	11.68	90.7	55.0					
37	3.46	-2.5	"	11.46	88.2	58.0					
38	3.48	-2.5	"	11.26	88.8	60.0					
40	3.51	14.7	"	8.72	66.9	62.0					
41	3.50	14.7	"	8.75	67.1	62.5					
42	3.52	26.1	"	6.68	50.2	71.0					
43	3.51	26.1	"	6.90	51.2	70.0					
44	3.48	37.6	"	5.00	36.2	88.0					
45	3.52	37.6	"	4.63	33.5	88.0					
46	3.55	63.4	"	2.96	17.1	148.0					
47	3.51	63.4	"	3.24	18.5	144.0					
48	3.51	63.4	46.3	3.36	19.1	145.0					

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4$ mm となる。

(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

第 4 表 15° 楔型附加、模型重量 3,000 gr 實驗成績

試 驗 番 號 No.	速 度 v (m/s)	重 心 位 置		迎 角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實 迎 角 α_1 (degree)	抵 抗 W (gr)	$\frac{W}{A} = \epsilon$	モーメント M (kg.m)	モーメント係數 $\frac{M}{Ab}$
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)								
8	3.50	34.3	41.0	9.59	68.5	(96.0)	(12.57)	668.7	0.223	0.163	0.362
9	3.48	34.3	"	9.84	70.3	(93.0)	(12.91)	674.3	0.224	0.165	0.367
10	3.50	34.3	"	9.69	69.1	(95.0)	(12.71)	666.7	0.222	0.163	0.362
11	3.51	38.6	"	8.92	62.1	(104.5)	(11.65)	633.3	0.211	0.170	0.378
14	3.48	38.6	"	9.19	64.8	(101.0)	(12.02)	638.1	0.212	0.172	0.382
16	3.51	38.6	"	9.07	63.8	(102.5)	(11.87)	635.3	0.212	0.171	0.380
17	3.53	45.0	"	7.94	54.2	(120.5)	(10.32)	578.7	0.193	0.181	0.402
18	3.51	45.0	"	8.19	56.2	(116.0)	(10.66)	583.3	0.194	0.182	0.404
19	3.54	45.0	"	8.00	55.0	(119.5)	(10.40)	580.3	0.193	0.181	0.402
20	3.52	45.0	"	7.97	56.7	(120.0)	(10.35)	592.0	0.197	0.182	0.404
21	3.50	51.3	"	7.50	50.2	(129.5)	(9.72)	559.7	0.187	0.196	0.436
23	3.49	51.3	"	7.75	51.8	(124.0)	(10.05)	566.0	0.189	0.198	0.440
25	3.50	59.8	"	7.00	45.0	(140.5)	(9.03)	535.7	0.179	0.219	0.487
26	3.50	59.8	"	7.07	45.2	(139.0)	(9.14)	535.7	0.179	0.219	0.487
28	3.50	72.6	"	6.33	36.8	(157.5)	(8.15)	503.7	0.168	0.253	0.562
29	3.47	72.6	"	6.48	37.9	(153.0)	(8.35)	509.7	0.170	0.254	0.565
30	3.50	72.6	"	6.25	36.8	(160.0)	(8.03)	498.7	0.166	0.252	0.560
32	3.51	87.5	"	5.48	28.3	(188.5)	(7.00)	472.3	0.157	0.293	0.651
33	3.50	87.5	"	5.58	29.0	(184.0)	(7.13)	476.7	0.159	0.294	0.653
34	3.50	103.6	"	4.98	21.8	(212.0)	(6.33)	460.7	0.153	0.340	0.756
37	3.50	103.6	"	4.96	21.7	(213.0)	(6.31)	465.7	0.155	0.340	0.756
39	3.49	114.5	"	4.61	17.0	(232.0)	(5.84)	454.0	0.151	0.371	0.824
40	4.47	114.5	"	4.66	18.1	(229.0)	(5.98)	459.7	0.153	0.372	0.827
42	3.52	114.5	"	4.51	17.1	(239.0)	(5.71)	460.0	0.153	0.372	0.827
43	3.49	129.5	"	4.11	11.9	(268.0)	(5.18)	459.0	0.153	0.417	0.927
44	3.50	129.5	"	4.11	12.1	(268.0)	(5.18)	460.7	0.154	0.417	0.927
45	3.52	149.4	"	3.24	4.3	(362.0)	(4.02)	483.0	0.161	0.477	1.060
46	3.52	149.4	"	3.26	3.9	(360.0)	(4.06)	489.0	0.163	0.478	1.063
47	3.51	149.4	"	3.34	4.3	(349.0)	(4.16)	491.3	0.164	0.478	1.063
48	3.57	114.5	"	3.76	15.1	264.0					
49	3.51	114.5	"	4.16	17.3	258.0					
53	3.50	114.5	"	4.26	16.0	261.0					
55	3.52	72.6	"	6.20	35.7	153.0					
56	3.47	72.6	"	6.40	37.4	157.0					
57	3.48	72.6	"	6.28	36.1	158.0					
58	3.44	45.0	"	8.59	58.1	108.0					
62	3.51	34.3	"	9.27	65.9	97.0					
63	3.48	34.3	41.0	9.70	68.0	96.0					

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4\text{mm}$ となる。

(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

第 5 表 30° 楔型附加、模型重量 2,250 gr 實驗成績

試 驗 番 號 No.	速 度 v (m/s)	重 心 位 置		迎 角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實 迎 角 α_1 (degree)	抵 抗 W (gr)	$\frac{W}{A} = \epsilon$	モーメント M (kg.m)	モーメント係數 $\frac{M}{Ab}$
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)								
2	3.50	-0.1	46.1	10.04	76.6	(53.0) ⁽²⁾	(15.42)	591.7	0.264	0.057	0.169
3	3.50	-0.1	"	10.21	76.5	(53.0)	(15.59)	597.2	0.265	0.057	0.169
4	3.47	-0.1	"	10.46	78.3	(53.0)	(15.84)	600.7	0.267	0.059	0.175
5	3.51	-0.1	"	10.29	77.0	(53.0)	(15.67)	588.3	0.262	0.057	0.169
7	3.50	-0.1	"	10.71	80.2	51.5					
8	3.50	-0.1	"	10.34	77.9	51.5					
9	3.51	8.5	"	8.50	64.0	(54.0)	(13.80)	522.3	0.232	0.063	0.187
10	3.52	8.5	"	8.70	64.0	(54.0)	(14.00)	533.2	0.237	0.066	0.196
11	3.51	8.5	"	8.40	62.2	(54.0)	(13.70)	519.3	0.231	0.063	0.187
12	3.51	8.5	"	8.50	63.5	55.0					
13	3.50	8.5	"	8.50	63.2	54.5					
14	3.50	17.0	"	6.38	47.9	(60.0)	(11.15)	442.0	0.196	0.070	0.207
17	3.51	17.0	"	6.53	48.3	(59.0)	(11.36)	449.4	0.200	0.072	0.213
18	3.51	17.0	"	6.53	48.9	59.0					
19	3.50	17.0	"	6.53	48.3	60.0					
20	3.51	17.0	"	6.72	49.2	(53.0)	(11.65)	451.6	0.201	0.072	0.213
22	3.48	25.4	"	4.76	33.8	(66.0)	(9.09)	374.3	0.166	0.081	0.240
23	3.49	25.4	"	4.36	31.0	(68.0)	(8.56)	359.9	0.160	0.080	0.237
24	3.50	25.4	"	4.46	30.8	(68.0)	(8.66)	373.2	0.166	0.081	0.240
25	3.51	25.4	"	4.29	30.3	68.0					
26	3.49	25.4	"	4.31	30.5	69.5					
27	3.51	31.1	"	3.07	21.3	(81.0)	(6.60)	323.1	0.144	0.088	0.261
28	3.51	31.1	"	3.04	20.3	(82.0)	(6.52)	323.1	0.144	0.089	0.264
29	3.51	31.1	"	3.24	21.8	78.0					
30	3.51	31.1	"	3.04	20.0	78.0					
32	3.48	36.8	"	2.79	17.8	(88.0)	(6.64)	318.3	0.142	0.101	0.299
33	3.51	36.8	"	2.69	16.2	(92.0)	(5.81)	313.1	0.139	0.100	0.296
34	3.54	36.8	"	2.62	16.2	92.0					
35	3.51	36.8	"	2.82	17.8	91.0					
37	3.50	36.8	"	2.99	19.6	93.0					
38	3.50	42.5	"	2.37	14.0	(108.0)	(5.02)	307.1	0.137	0.113	0.335
39	3.50	42.5	"	2.57	15.3	(97.0)	(5.52)	315.6	0.140	0.113	0.335
40	3.50	42.5	"	2.44	14.0	(104.0)	(5.19)	309.9	0.138	0.113	0.335
41	3.54	42.5	"	2.32	13.2	110.0					
42	3.51	42.5	"	2.34	14.3	112.0					
43	3.53	42.5	"	2.24	13.2	111.0					
45	3.50	50.9	"	1.94	7.9	(169.0)	(3.64)	316.2	0.141	0.132	0.391
46	3.50	50.9	"	1.94	8.2	(169.0)	(3.64)	320.4	0.142	0.132	0.391
47	3.50	50.9	"	2.09	10.2	157.0					
48	3.53	50.9	"	2.04	9.9	156.0					
50	3.46	50.9	"	2.24	10.0	145.0					
51	3.60	50.9	46.1	1.62	5.3	156.0					

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4$ mm となる。

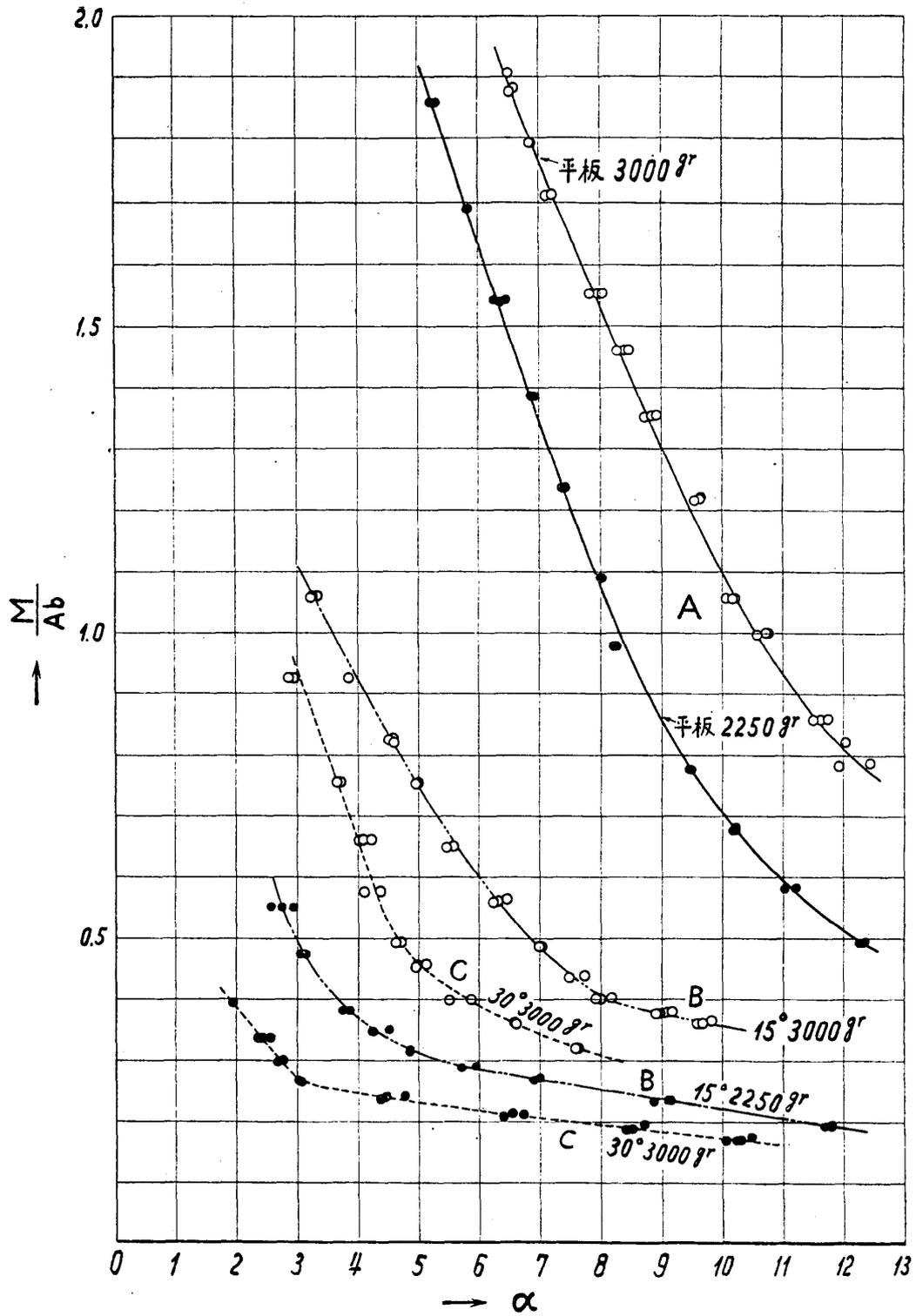
(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

第 6 表 30° 楔型附加、模型重量 3,000 gr 實驗成績

試驗 番號 No.	速度 v (m/s)	重心位置		迎角 α (degree)	曳航點の ヒープ量 $H^{(1)}$ (mm)	浸水長 l (mm)	實迎角 α_1 (degree)	抵抗 IV (gr)	$\frac{IV}{A} = e$	モー メント M (kg.m)	モーメン ト係數 $\frac{M}{Ab}$
		後端前方 (mm)	基線上方 (mm)								
4	3.49	32.2	41.1	7.57	51.0	(94.0)	(10.62)	596.0	0.199	0.144	0.320
5	3.51	32.2	"	7.62	51.3	(94.0)	(10.67)	605.2	0.202	0.145	0.322
7	3.48	32.2	"	7.84	52.5	94.0					
8	3.50	32.2	"	7.47	50.5	94.0					
9	3.50	40.7	"	6.58	42.5	(105.0)	(9.31)	551.5	0.184	0.163	0.362
10	3.50	40.7	"	6.60	43.2	(105.0)	(9.33)	545.2	0.182	0.162	0.360
11	3.50	40.7	"	6.55	42.0	107.5					
13	3.51	40.7	"	6.35	41.0	106.5					
14	3.47	47.9	"	5.86	35.0	(119.0)	(8.26)	515.9	0.172	0.180	0.400
15	3.51	47.9	"	5.50	32.5	(129.0)	(7.72)	505.4	0.168	0.179	0.398
17	3.51	47.9	"	5.75	35.0	123.0					
18	3.51	47.9	"	5.73	34.9	122.5					
19	3.51	57.7	"	4.96	27.0	(150.0)	(6.88)	476.0	0.159	0.204	0.453
20	3.50	57.7	"	5.13	29.2	(143.0)	(7.13)	490.5	0.164	0.206	0.453
21	3.51	57.7	"	4.98	23.0	(149.0)	(6.90)	482.3	0.161	0.205	0.456
22	3.51	57.7	"	5.13	28.9	145.0					
23	3.51	57.7	"	5.11	27.8	143.0					
24	3.51	57.7	"	4.96	27.3	145.0					
26	3.51	64.0	"	4.63	22.8	(167.0)	(6.35)	474.7	0.158	0.222	0.493
27	3.51	64.0	"	4.71	23.0	(162.0)	(6.48)	467.6	0.156	0.222	0.493
28	3.52	64.0	"	4.71	24.5	162.5					
29	3.51	64.0	"	4.66	24.0	162.0					
31	3.50	76.9	"	4.38	19.2	(188.0)	(5.89)	466.4	0.155	0.260	0.578
32	3.50	76.9	"	4.11	18.2	(220.0)	(5.41)	458.6	0.153	0.259	0.576
33	3.47	89.6	"	4.23	16.0	(204.0)	(5.63)	473.0	0.158	0.299	0.664
34	3.52	89.6	"	4.09	14.6	(222.0)	(5.37)	475.2	0.158	0.299	0.664
36	3.50	89.6	"	4.01	15.1	(233.0)	(5.24)	471.2	0.157	0.298	0.662
37	3.51	89.6	"	3.99	15.0	227.0					
39	3.51	89.6	"	3.99	14.8	234.5					
40	3.51	104.0	"	3.66	10.2	(279.0)	(4.69)	470.0	0.157	0.341	0.758
41	3.50	104.0	"	3.74	10.1	(268.0)	(4.81)	469.6	0.157	0.341	0.758
42	2.51	104.0	"	3.66	9.8	279.0					
43	3.50	104.0	"	3.74	10.0	278.0					
44	3.50	129.2	"	2.87	1.7	(397.0)	(3.59)	488.4	0.163	0.417	0.927
45	3.50	129.2	"	2.97	2.0	(380.0)	(3.72)	489.0	0.163	0.417	0.927
46	3.51	129.2	"	2.94	2.0	393.0					
47	3.53	129.2	"	2.77	1.0	402.0					
48	3.51	129.2	41.1	2.99	2.0	391.0					

(1) 平水面より抵抗力線迄の距離は $H+51.4$ mm となる。

(2) 括弧内は實測せず第 13 圖より読み取りたるものを示す。

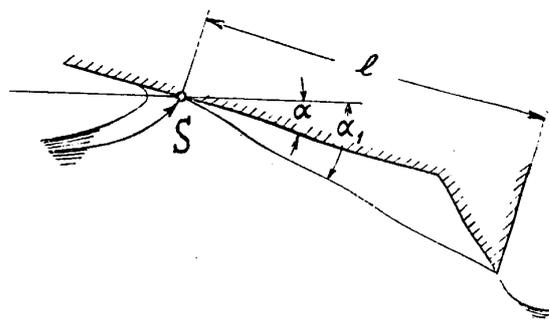


第 14 圖 後縁廻りの Moment 係數

主板の迎角 α を浸水長 l を使用して補正した迎角を α_1 として圖を引き直せば、第 10 圖及第 11 圖に於ける點線のやうになる。即ち測定的全範圍に於て特殊底の有利なことを示してゐる。

第 12 圖に修正した迎角に對して平板及楔形を比較してゐる。

第 14 圖は後縁廻りの moment であるが、楔形種を有するものは平板に比し可なり moment に變化のあることが分る。



第 15 圖 浸水長と眞の迎角

§6. 結 語

本文は單に滑走面の hydrodynamical lift の増加を考慮した底面形状に對する一提案であつて、著者等は色々な底面形状の實驗を計畫してゐる。底面形状は本文記載の如き縦斷面形のみならず、横斷面形に可なり問題が残されてゐる。即ち前縁に流入した水は全部が後縁へ流出せず chine より横へ逃げるから、此の横速度を利用し此部に下向曲面を作れば揚力は増加する筈である⁽¹⁾。然し先づ縦斷面の形状を翼型の研究のやうに相當研究すべきではないかと思つてゐる。本文中にも見る如く、滑走面積の變化が研究を複雑にする。又飛行機のフロート等には水面滑走状態迄達しない速度に於て所謂 hump 抵抗と云ふ最大抵抗があつて、之れが重大な問題である。従つて以上の研究も hump 抵抗に關聯させて考へないと實用の域に達しない理である。又空中へ飛び上つた時に艇體或はフロートの空氣抵抗を最小にするやうな形状でなければならない。

本文を草するに當り、御指導を賜つた子爵徳川造船大佐、九大の橋本教授、東北大の沼知教授の諸氏に御禮の意を表す。又色々御助力下さつた理學士小澤泰代氏に感謝する。

附 録

[1] 符 號

A : 揚力

E : 附録 [2] 参照

F : 附録 [2] 参照

H : 曳航線の heave 量 (水面より曳航線までの距離は $H+51.4$ mm)

M : 滑走臺後縁廻りのモーメント

R : 流體に依る dynamical force の合力

R_F : 下げ翼の合力

R_C : 圓弧翼の合力

⁽¹⁾ W. Sottorf, Versuche mit Gleitflächen. III. Teil. W. R. H. 1. März 1933, S. 62.

W : 抵抗	a : 正の整数
b : 滑走體の幅	c_m : モーメント係數
f : 矢高	h : 踵の高さ
l : 浸水長 (中心線で測定せるもの、第 13 圖参照)	
m : doublet のモーメント	p : 壓力
q : 岐點壓	t : 時間、或は t -plane
v : 合成速度	z : z -plane
α : 迎角	α_1 : 楔形底面の實際の迎角
γ : 下げ翼の角度	ε : 滑空値 (揚抗比の逆數)
ρ : 流體の密度	ζ : ζ -plane $\zeta = \xi + i\eta$

[2] 詳細計算例

本文 4 頁の積分は

$$\int \frac{d\zeta}{\zeta^\mu - 1} \quad n = \frac{\nu}{\mu} \quad \text{と置き } \nu + 1 > \mu; \mu, \nu \text{ 共に正の整数とすれば,}$$

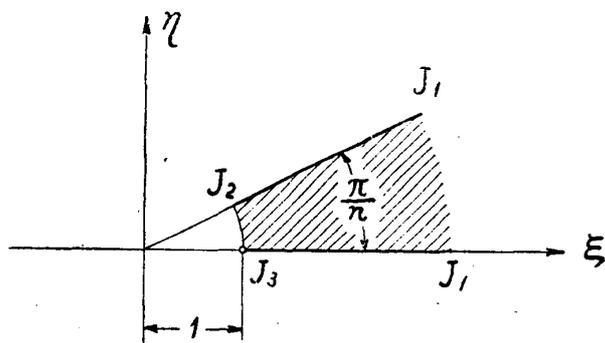
ν ; 偶數なるとき、

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{n} \left[\log(\zeta^{\frac{1}{\mu}} - 1) + (-1)^\mu \log(\zeta^{\frac{1}{\mu}} + 1) \right. \\ &\quad + \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\frac{\nu-2}{2}} \cos \frac{2\lambda\mu\pi}{\nu} \log\left(\zeta^{\frac{2}{\mu}} - 2\zeta^{\frac{1}{\mu}} \cos \frac{2\lambda\pi}{\nu} + 1\right) \\ &\quad \left. - 2 \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\frac{\nu-2}{2}} \sin \frac{2\lambda\mu\pi}{\nu} \tan^{-1} \frac{\zeta^{\frac{1}{\mu}} - \cos \frac{2\lambda\pi}{\nu}}{\sin \frac{2\lambda\pi}{\nu}} \right] + C \end{aligned}$$

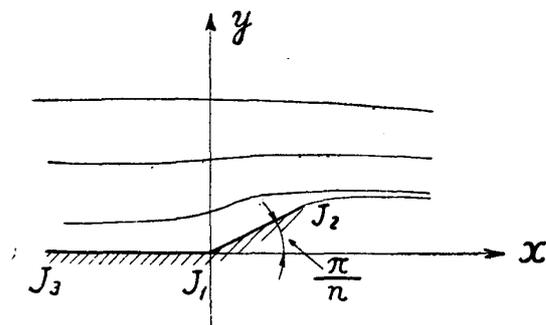
ν ; 奇數なるとき、

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{n} \left[\log(\zeta^{\frac{1}{\mu}} - 1) + \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\frac{\nu-1}{2}} \cos \frac{2\lambda\mu\pi}{\nu} \log\left(\zeta^{\frac{2}{\mu}} - 2\zeta^{\frac{1}{\mu}} \cos \frac{2\lambda\pi}{\nu} + 1\right) \right. \\ &\quad \left. - 2 \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\frac{\nu-1}{2}} \sin \frac{2\lambda\mu\pi}{\nu} \tan^{-1} \frac{\zeta^{\frac{1}{\mu}} - \cos \frac{2\lambda\pi}{\nu}}{\sin \frac{2\lambda\pi}{\nu}} \right] + C \end{aligned}$$

次に 3 つの特別の場合に就いて計算する。(第 16 圖及第 17 圖参照)



第 16 圖 ζ-plane



第 17 圖 z-plane

(i) $n=4$ の場合 (下げ翼角度 45°)

本文 (4) 式より次の式を得る。

$$z = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{5}{4} \frac{\xi}{\xi^4 - 1} - \frac{\xi}{(\xi^4 - 1)^2} + \frac{1}{16} \log \frac{\xi - 1}{\xi + 1} - \frac{1}{8} \tan^{-1} \xi \right]$$

$$\zeta = \xi + i\eta \quad z = x + iy \quad \text{と置いて}$$

両邊の實數部と虚數部とを對應させると

$$x = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{5}{4} \frac{\xi E + \eta F}{E^2 + F^2} - \frac{\xi(E^2 - F^2) + 2\eta EF}{(E^2 - F^2) + 4E^2 F^2} + \frac{1}{32} \log \frac{(\xi - 1)^2 + \eta^2}{(\xi + 1)^2 + \eta^2} - \frac{1}{16} \tan^{-1} \frac{2\xi}{1 - \xi^2 - \eta^2} \right]$$

$$y = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{5}{4} \frac{\eta E - \xi F}{E^2 + F^2} - \frac{\eta(E^2 - F^2) - 2\xi EF}{(E^2 - F^2) + 4E^2 F^2} - \frac{1}{16} \tan^{-1} \frac{2\eta}{1 - \xi^2 - \eta^2} - \frac{1}{16} \tanh^{-1} \frac{2\eta}{1 + \xi^2 + \eta^2} \right]$$

但し

$$E = \xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4 - 1, \quad F = 4\xi\eta(\xi^2 - \eta^2)$$

今 x 軸に沿ふては $\eta=0$ で ξ は $1 \sim \infty$ 間に變化する。此の場合の x の値及び壓力の比較的の大きさは次の式で與へられる。

$$x = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{5}{4} \frac{\xi}{\xi^4 - 1} - \frac{\xi}{(\xi^4 - 1)^2} - \frac{1}{16} \log \frac{\xi + 1}{\xi - 1} + \frac{1}{16} \tan^{-1} \frac{2\xi}{\xi^2 - 1} \right]$$

$$y = 0$$

$$\Delta p/q = (1 - U^2) \quad U = \frac{1}{|\zeta|}$$

$$= \left(1 - \frac{1}{\xi^2} \right)$$

又下げ翼に沿ふ流れに就いて、 η は $\frac{1}{\sqrt{2}} \sim \infty$ 間に變化する。

$$x = y = \frac{1}{\pi} \left[\frac{5}{4} \frac{\eta}{4\eta^4 + 1} - \frac{\eta}{(4\eta^4 + 1)^2} - \log \frac{2\eta^2 + \eta + 1}{2\eta^2 - \eta + 1} + \frac{1}{16} \tan^{-1} \frac{2\eta}{2\eta^2 - 1} \right]$$

$$\Delta p/q = (1 - U^2)$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2\eta^2}\right)$$

(ii) $n=6$ の場合 (下げ翼の角度 30°)

$$z = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{7}{6} \cdot \frac{\zeta}{\zeta^6 - 1} - \frac{\zeta}{(\zeta^6 - 1)^2} - \frac{1}{6^2} \log \frac{\zeta + 1}{\zeta - 1} - \frac{1}{6^2 \times 2} \log \frac{\zeta^2 + \zeta + 1}{\zeta^2 - \zeta + 1} + \frac{\sqrt{3}}{6^2} \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}\zeta}{\zeta^2 - 1} \right]$$

第 7 表 45°

πx	πy	$\Delta p/q$	πx	πy	$\Delta p/q$
$-\infty$	0	0	0.012	0.012	0.920
-8.151	0	0.174	0.021	0.021	0.875
-2.512	0	0.306	0.041	0.041	0.846
-1.312	0	0.408	0.055	0.055	0.805
-0.841	0	0.490	0.076	0.076	0.778
-0.598	0	0.556	0.094	0.094	0.745
-0.208	0	0.750	0.109	0.109	0.704
-0.109	0	0.840	0.140	0.140	0.653
-0.062	0	0.889	0.159	0.159	0.587
-0.047	0	0.918	0.191	0.191	0.500
-0.035	0	0.938	0.229	0.229	0.383
0	0	1.000	0.267	0.267	0.219
+0.005	0.005	0.944	0.297	0.297	0

第 8 表 30°

πx	πy	$\Delta p/q$	πx	πy	$\Delta p/q$
$-\infty$	0	0	0.0068	0.0039	0.889
-3.540	0	0.174	0.0089	0.0051	0.872
-1.021	0	0.306	0.0117	0.0068	0.852
-0.495	0	0.408	0.0160	0.0092	0.826
-0.313	0	0.490	0.0231	0.0133	0.793
-0.128	0	0.602	0.0354	0.0204	0.750
-0.067	0	0.691	0.0513	0.0296	0.691
-0.037	0	0.750	0.0799	0.0461	0.609
-0.023	0	0.793	0.1378	0.0796	0.490
-0.015	0	0.826	0.2397	0.1384	0.306
0	0	1.000	0.3314	0.1913	0

第 9 表 15°

πx	πy	$\Delta p/q$	πx	πy	$\Delta p/q$
$-\infty$	0	0	0	0	1.000
-71.4609	0	0.0197	0.0646	0.0173	0.352
-18.3188	0	0.0388	0.1601	0.0429	0.229
- 8.3288	0	0.0574	0.1689	0.0453	0.199
- 4.7702	0	0.0754	0.1898	0.0509	0.169
- 3.1045	0	0.0930	0.2100	0.0563	0.137
- 2.1884	0	0.1100	0.2270	0.0608	0.103
- 1.2686	0	0.1427	0.2395	0.0642	0.067
- 0.8240	0	0.1736	0.2435	0.0652	0.049
- 0.3691	0	0.2439	0.2457	0.0658	0.028
- 0.2033	0	0.3056	0.2462	0.0659	0.008
- 0.1256	0	0.3600	0.2464	0.0660	0.000
- 0.0860	0	0.4083			
- 0.0457	0	0.4893			

(iii) $n=12$ の場合 (下げ翼の角度 15°)

$$z = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{13}{12} \frac{\zeta}{\zeta^{12}-1} - \frac{\zeta}{(\zeta^{12}-1)^2} - \frac{1}{12^2} \log \frac{\zeta+1}{\zeta-1} - \frac{\sqrt{3}}{12^2 \times 2} \log \frac{\zeta^2 + \sqrt{3}\zeta + 1}{\zeta^2 - \sqrt{3}\zeta + 1} \right. \\ \left. - \frac{1}{12^2 \times 2} \log \frac{\zeta^2 + \zeta + 1}{\zeta^2 - \zeta + 1} + \frac{1}{12^2} \tan^{-1} \frac{\zeta}{\zeta^{12}-1} + \frac{\sqrt{3}}{12^2} \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}\zeta}{\zeta^2-1} - \frac{2}{12^2} \tan^{-1} \zeta \right]$$

以上3つの場合に就き数値計算をなしたる結果を第7,8,9表に示す。壓力分布の曲線は下げ翼の長さを単位として畫いた。

討 論

○座長(藤島範平君) 唯今の御講演に對し御質問又は御意見のある方は御述べを願ひます。……別段御發言がない様ですから一言御挨拶申し上げます。三木、田所、野口三君の水面滑走體に就ての種々實驗結果の御發表に對し、今日は航空關係の出席會員が少いと見えまして、御討論がないのは遺憾であります。會報に此の論文が掲載されましたならば定めて有益なる參考となることと信じます。

近來航空關係の論文が本協會に發表されることが少くなつた時に當り、態々名古屋から御出でになつて御講演下さいました事を厚く御禮申し上げます。茲に皆様と共に拍手を以て感謝の意を表したいと思ひます。(一同拍手)