

明治四十三年十二月刊行

(非賣品)

船舶協會會報

附錄

第二號

造船協會會報附錄第一號

(明治四十三年十二月刊行)

目 次

最モ適當ナル螺旋推進器寸法ノ決定法ニ就テ

更ニ模型螺旋推進器實驗ノ結果ニ就テ

航行スル船舶ト之ニ接近スル他物トノ間ニ行ハル吸引力及ビ反撥力ノ消長、又潮流及ビ風壓ノ影響ニ就テ

汽船「モニトリア」ニ就テ、又船首斜メニ進行スル波浪ノ抵抗及ビ船ノ船首部ノ形狀ト該抵抗トノ關係ニ就テ
工業用材料並ニ機械ノ検査及ビ試験ニ就テ

The Possibilities of The Hydroplane.

On The Theory of Labyrinth Packing.

Motion of Projectile in a Resisting Medium.

Tables of Details of fishing and Commercial motor Vessels.

○最モ適當ナル螺旋推進器寸法ノ決定法

ニ就テ

此論文ハ本會々報附錄第一號ニ譯出セル「アール、イー、フルード」氏ノ螺旋推進器ニ關スル論文ノ系統ニ屬スルニシテ同氏ガ一八八六年英國ロンドン造船協會例會ニ於テ朗讀セルモノナリ、原文ハ The Determination of the most suitable Dimensions for Screw Propellers ト題シ、同

協會々報第二十七卷ニアリ。

一、余ハ一八八三年、本會例會ニ於テ「螺旋推進器効率ノ研究法ニ就テ」ト題スル論文ヲ朗讀シ、船舶ヲ推進スル螺旋ノ正味効率 (Nett efficiency) ハ、二ツノ成分因數ノ相乘ナリトシテ論シタリ、其一つハ船ノ螺旋カ靜水中ニ於テ同一條件ニテ作用スル時ニ有スル効率ニシテ、他ノ一ツハ船殼ト螺旋トヲ結合セルガタメニ起ル此効率ニ加フヘキ修正ヲ表ハスモノナリキ。前述ノ成分ヲ明カニ區別センガタメ前者ヲ「螺旋効率」、後者ヲ「船殼効率」ト稱シタリキ。前論文ニ於テ余ハ主トシテ船殼効率ニ就テ論シタリ、此論文ニ於テハ主トシテ螺旋効率ヲ論ゼントス、何トナレバ推進器ノ大サ及比例 (Proportion) ニヨリ影響セラル、モノハ主トシテ此螺旋効率ナレバナリ。

二、余ノ知レル範圍内ニテハ、一般効率ヲ此二成分ニ分ツ論法ガ、未

ダ一般造船家ニ知ラレザルガ如シ、而シテ初ハ此ノ如キ論法ガ却テ問題ニ不必要ナル繁雜ヲ來シ、且或假定ニ調和ヲ保チ此論法ヲ貫徹センガタメニ、少シク事實ノ曲解ヲ許サムベカラザル不都合アルベシト考ヘラルル如シ、故ニ余ハ第一ニ、單ニ次ノ如キ理由ニヨリ此論法ヲ主張スルコトヲ説明シ置カント欲ス、即チ問題ヲ此ノ如ク小區分ニ分テハ、諸種ノ船殼及螺旋ノ配合ニ關スル教訓的結果ヲ得ル實驗的研究法ヲ合理ナル範圍ニテ行ヒ得ル利益アルガ爲ナルニ過ギズ。

三、前述ノ論法ハ一八八三年ノ論文ニ詳説セリ、然レドモ此論文ヲ讀ムニハ前ノ論法ヲ十分了解シ置クノ必要アリ、且此論文ノ方ガ恐ラク前ノ論文ヨリハ尙ホ明晰ニ此目的ヲ説明スベシト思ハルヲ以テ、余ハ再ビ此處ニ其根本的意義ニ就テ少シク述ペントス。

四、サテ第一ニ、吾人ハ船ガ螺旋推進器ニヨリVナル速度ニテ進航セル場合ヨリ考ヘントス。螺旋ノ影響等ヲ離レ船ノ抵抗其者（正味抵抗ト稱セラレタルモノナリ）ヲノトシ、螺旋ハ毎分時回轉數Rニテ作用シ推力Tヲ出セルモノトス（Tハρヨリ抵抗增加ノ量丈大ナリ）。此推力ヲ持続スルタメニ螺旋ノ消費スル力ハ實馬力 (I.H.P.) ヨリハ汽機及車軸等ノ摩擦ニ費サルル量丈小ナリ。此量ハ全速力ニ於テハ實馬力ト一定ノ比ヲ保ツベシ。而シテ吾人ハ絶對効率、並ニ推進器條件ノ差異ヨリ起ル効率ノ變化ニ就テ考フルニ非サルヲ以テ、

余ハ問題ヲ簡單ニセンガ爲ニ汽機摩擦 (Engine friction) ヲ省略シ、螺旋ニ實際加ヘラレタル力トシテ吾人ノヨク知レル實馬力ヲ取リタルコトヲ敢テ告白ス。

五、一般推進効率即チ正味全推進効率ハ、生ジタル力〔即正味抵抗ト速度ノ相乗〕又ハ所謂有効馬力 (E.H.P.) ヲ費サレタル力〔即實馬力〕ニテ除シタルモノナリ、即チ此正味全効率ハ吾人ノヨク知レル「推進係數」即 實馬力 ニテ表ハヌヲ得ベシ。

六、次ニ船ガ取除カレタルモノト考ヘヨ。否、寧ロ螺旋ノ推力ニ抵抗シテ水ヲ攪亂セズ、然カモ速度ハ同ジク V ニシテ螺旋モ同ジク毎分時回轉數 R ニテ回轉セル所謂假想的ノ船ニナリタルモノト考ヘヨ。

此場合ニ於テハ實際ノ船ガ殘ス追從水流 (Following current) ナキヲ以テ假想船ノ螺旋ガ回轉數 R ニテ作用シ生ズル推力ハ T ヨリ甚ダ小ナルベシ、今回轉數ヲ增加シテ推力ヲ T ニナシ得ベシト雖モ決シテ螺旋ノ作用條件ヲ實船ヲ推進セル場合ノ條件ニ相當セシムルヲ得ザルベシ、之ニ反シ回轉數ヲ變セズ、速度ヲ小ニシテ推力ヲ增加セシムレバ、此ノ如キ或低速度 V ニ於テ假想船ヲ推進セル螺旋ハ、毎分時回轉數 R ヲ以テ推力 T ヲ生ゼルコトトナルベシ。

七、然ラバ攪亂セラレザル水中ニ V ナル速度ニテ作用シ假想船ヲ推進セシムル螺旋ノ條件ハ、同ジ螺旋ガ實船ヲ V ナル速度ニテ推進セル場合ノ條件ニ相當ス、——兎ニ角同一推力、及同一毎分時回轉數ヲ

有スルテフニツノ重要ナル點ニ於テ相當ス、若シモ實船ノ航跡ノ追從水流ガ螺旋ノ作用スル全面積ニ涉リ均齊前進速度ヲ有スルモノトセバ此相當 (Correspondence) ハ明カニ絶對的ノモノタルベク、且疑モナク攪亂セラレザル水中ニ速度 V ニテ推力 T ヲ持續シ螺旋ヲ作用セシムル實馬力ガ、恰モ實船後ニ速度 V ニテ同ジ推力 T ヲ持續シ螺旋ヲ作用セシムル實馬力ニ等シキ理ナリ。吾人ハ此追從水流ガ均衡ナラザルコトヲ知ルト雖モ、此均齊ナラザルコトガ推力 T ヲ持続スル實馬力ニ影響ヲ有スル範圍ニ至リ、始メテ効率ニ關シ要用ノモノトナルノミナルニ、事實ニ於テ模型船ヲ推進セル螺旋ノ實馬力ガ、攪亂セラレザル水中ニ同一毎分時回轉數ニテ同一推力ヲ生ゼル同一螺旋ノ實馬力ニ殆ンド異ル所ナキハ、攪亂セラレザル水中、及ビ模型船後ニ於ケル多クノ螺旋實驗ノ證スル所ナリ。

八、故ニ余ハ何レノ場合ニ於テモ假想船ヲ速度 V 每分時回轉數 R 、推力 T ニテ推進セル螺旋ノ實馬力ヲ、實船ヲ速度 V 、毎分時回轉數 R 推力 T ニテ推進セル同一ノ螺旋ノ實馬力ニ等シトシテ取扱ヒ満足セントス。

九、サテ假想船ヲ推進セル螺旋ノ効率ヲ考ヘン。速度 V ニ於テ抵抗ハ推力 T ニ等シキヲ以テ、假想船ノ有効馬力ハ T/V ナリ。之ヲ實船ノ有効馬力ト區別センガ爲ニ「推力馬力」 (T.H.P) [Thrust horse power] ト稱セン。然ラバ實船ヲ推進シツ、アル同一螺旋ノ條件ニ

相當セル條件ニテ、攪亂セラレザル水中ニ作用スル螺旋ノ効率ハ

推力馬力 ナリ、而シテ實船ヲ推進セル同一螺旋ノ効率ハ $\frac{\text{有効馬力}}{\text{實馬力}}$

ナリ、故ニ「船殻効率」、即チ換言スレバ實船ヲ推進セル場合ノ効率

ト攪亂セラレザル水中ニ於ケル効率トノ比ハ

$$\frac{\text{有効馬力}}{\text{實馬力}} + \frac{\text{推力馬力}}{\text{實馬力}} = \frac{\text{有効馬力}}{\text{推力馬力}}$$

ナルベシ。

十、有効馬力ハ ρV ナリ、(第五條ヲ見ヨ) 推力馬力ハ TV ナリ、

(第九條ヲ見ヨ) 故ニ

$$\frac{\text{有効馬力}}{\text{推力馬力}} = \frac{\rho V}{TV} = \frac{\rho}{T} \times \frac{V}{V}$$

即船殻効率ハ自然二ツノ因數ヨリ成ルヲ見ルベシ、其一ツ(即 $\frac{\rho}{T}$)
ハ推力ヨリ抵抗ノ小ナルヘキ割合ヲ示ス、故ニ「推力減少」(Thrust
reduction) 因數ト稱セラレ効率ノ損失ヲ意味ス。他ノ因數(即 $\frac{V}{V}$)
ハ靜水中ニ作用セル螺旋ノ速度ヨリ船ノ速度ノ超過セル割合ヲ示ス
ヲ以テ「船脚水因數」(Wake factor) ト稱セラレ効率ノ增加ヲ表セ
リ。

十一、船殻効率ヲ構成スル此二因數間ニハ互ニ密接ナル關係アリテ、
一般ニ船脚水ノ利益ヲ増加セシムル條件ハ、推力減少ノ損失ヲ增加
セシムルモノニシテ、其相乘ナル船殻効率ハ從テ略一定トナル。事
實上之ハ總テノ場合ニ於テ一般ニ略、一二等シ、即一因數ノ値カ略、

他ノ因數ノ反數トナルナリ。

十二、余ハ前條ニ於テ「略」云々ト稱シタレドモ、此所ニ注意スヘキ重

要ナル點ハ、船殻効率ノ値ニ存スル此ノ如キ變化力、主トシテ船殻
ニ對スル螺旋ノ大きさ、及比例ノ變化スルタメニ起ルニアラズシテ寧

ロ其船殻形狀ノ變化、及船殻ニ關シテ螺旋ノ位置ノ變化ニ伴フガ如
シ。故ニ吾人ハ螺旋ノ大きさ、及比例ノ變化ガ船殻効率ニ及ボス影響

ニ就テハ考慮スルヲ要セズ、只此ノ如キ變化ガ螺旋効率ニ如何ナル
影響ヲ有スルカラ研究スレバ十分ナリト考ヘラル。即螺旋ガ速度 V 、
ニテ推力 T ヲ持続シツツ攪亂セラレザル水中ニ作用スル時ノ効率ニ
就キ研究シ満足セントス。

十三、余ガ此所ニ述ペントスル攪亂セラレザル水中ニテノ螺旋ノ効率
ニ關スル前提ハ、元來故「フルード」氏ガ一八七八年ニ此協會ニ於テ
朗讀セル「螺距失脚及び推進効率間ノ簡單ナル關係ニ就テ」ト題スル
論文ノ理論ニ基礎ヲ有ス。コレ等ノ提言ハ「トルケー」ニ於テ行ハレ
タル甚多クノ摸型螺旋試驗ノ結果ニヨリ確證セラレ、且余ガ此點ニ
關シ「シドニー、バーナビー」(Sydney Barnaby) 氏ノ著書ヨリ余ノ
「船用推進器」* ナル論文ニ集メタル全ク獨立ノ實驗ノ結果ニヨリテ
モ確タラレタリ。

*「此論文ニ載セタル研究ハ實用上完成シ、同問題ニ就テ我海軍ニ致
スペキ報告ハ、余ガ「バーナビー」氏ノ著書ヲ讀ム以前ニ大ニ考慮

セシ所ナリ、而シテ此論文カ必然或同一ノ基礎ヲ有スルヤ否ヤヲ保セズト雖モ、其所論ノ範圍ハ殆ンド同一ニシテ「バーナビー」氏ガ既ニ爲シタル仕事ヲ此問題ニ應用スルノ餘地ナカリキ。

十四、此論文ノ附圖ニ示サレタル實際ノ數量的ノ值ハ、同問題ニ關シ我海軍ニ報告スル目的ニテ特ニ行ハレタル異ル螺距比ノ摸型螺旋ニ就テノ實驗ヨリ得タル所ナリ。摸型螺旋ノ實驗ヨリ完全ニ信賴スルニ足ル結果ヲ得ルハ困難ナルコトニシテ、且此問題ニ於テ得タル與件(Data)ハ疑モナク修正ノ餘地アリ、然レドモ余ガ此所ニ用弁ントスル實用上使用ノ目的ニハ、コレ等ニテ十分正確ニシテ信賴スルニ足ルナリ。

十五、此問題ニ關スル實驗ノ結果ハ、第二十八版第四圖ノ圖表中ニ縮合セラレタリ。此圖表ノ構造、及ビ意味ノ説明ニハ次ノ序言的ノ注意ヲ要ス、其中最初ノ五ヶ條ハ便宜上提案ノ形ニテ示サン。

十六、第一、水中ヲ一定ノ速度ニテ進ミ種々異ル毎分時回轉數ニテ回轉スル(換言スレバ失脚比ノ種々ノ割合ニテ作用セル)與ヘラレタル螺旋ノ作用ハ第二十七版第一圖ノ如キ圖表ニヨリ示スヲ得ベシ。ソコニ横坐標ハ失脚比ノ値ヲ表ハシ、曲線BBノ豎坐標ハ推力ニ、

曲線AAノ豎坐標ハ効率ニ相當ス。

第二、一定ノ失脚比ニ於テ、與ヘラレタル螺旋ノ推力ハ、水中前進速度ノ平方ニ從テ變化ス。

第三、失脚比、前進速度、及螺旋ノ設計ガ一定ナルトキ推力ハ只螺旋ノ大キサノ平方ニ從テ變ス。

第四、失脚比、及螺旋ノ設計一定ナルトキハ、効率ハ速度、及螺旋ノ大サニヨリ影響ヲ受ケズ。

第五、(前四項ノ結果トシテ)第一圖ニ示ス如キ圖表ハ、若モ推力曲線ノ豎坐標ガ、單ニ推力ヲ表ハスノミナラズ、 D/V ナル値ヲモ代表スル如クセバ、一定ノ設計ノ螺旋ガ種々ナル大サヲ有シ、異レル速度ニテ水中ヲ進ムトキノ、如何ナル作用ヲモ代表スベシ。ソコニTハ推力、Dハ螺旋ノ直經、V₁ハ水中前進速度ナリ。

〔此圖表ハ實際ノ螺旋ノ場合ニ於ケル如ク、若モ水ノ摩擦、又ハ前後ノ方向ニ作用スル他ノ抵抗ナケレバ、失脚比カ零ナル時ニ推力モ零ナルコトヲ示ス、而シテ通常形狀ノ螺旋(即圓形ノ翼背ヲ有スル)ノ場合ニハ殆ンド正確ニ上述ノ如クナルガ如シ。模型螺旋

實驗ニヨルニ〕此ノ如キ螺旋ハ形式上ノ螺距ヨリ稍大ナル有効螺旋ノ有シ、失脚零(形式上ノ螺距ニ對シテ)ナル時ニモ尙前後ノ方向ニ作用スル抵抗ヲ平均スルニ十分ナル有効螺距ヲ有スルヲ以テ此事實ハ正確ナラント考ヘラル。

キハ設計上ノ差異ノ重要ナル點ハ只二ツノミナルガ如シ、即螺旋ノ

數、及び螺距ト直徑ノ比(即螺距比)ノ差異是ナリ。

十八、第一ニ螺翼數ニ就テ論セん、模型螺旋實驗ノ數組ヨリ余ハ直徑、螺距比、及び螺翼ノ形狀ガ同一ナル四翼、三翼、二翼ノ螺旋ガ、同シ失脚比ニテ作用スルトキノ推力ノ比ハ、一ト〇、八六五ト〇、六五ナルコトヲ發見セリ、(即一定ノ失脚比ニ於テハ、每翼ノ推力ハ、翼數ノ增加スルトモニ、多少減少スルコトヲ知ル)。而シテ目下余ハ、効率カ翼數ニ關係ナキモノトシテ扱ヒ、後刻此點ニ立還リテ論セントス。

十九、次ニ螺距比差異ノ影響ニ就テ考ハシ。既ニ参考セシ種々ナル螺距比ヲ有スル模型螺旋ノ特別ナル實驗ヲ行ヒ、第一圖ニ示ス如キ種類ノ幾對カノ線ヲ得、コレ等ヲ失脚比ノ共通横坐標軸ヲ有スル如ク畫ケバ、第二十七版第二圖ニ示ス如キ結合シタル圖表トナルベシ、其B₁、B₂、B₃等ハ遞増螺距比ノ螺旋ノ一組ノ各ノ推力曲線ニシテA₁、A₂、A₃等ハ夫々ソレ等ニ對スル効率曲線ナリ、此ノ如キ圖表中ノ曲線間ノ關係ハ、推力曲線(寧ロ $\frac{T}{D^2 V^2}$ 曲線)ノ横坐標ニ對スル差異ガ、ソレニ相當スル効率曲線ノ横坐標ニ對スル差異ヨリ大ナルヲ以テ、種々ノ推力曲線、及効率曲線ハ、異リタル横坐標軸ノ上ニ繰リ返シテ畫カレタル同一ノ曲線(近似的ニ)ナリト考ヘ其特性ヲ表ハシ得ベシ。

二十、此異リタル螺距比ヲ有スル螺旋ノ極大効率間ニ何等ノ重大ナル

差異ナキコトハ實ニ驚タベキ事實ナリ。余自身モ實驗ニ附シタル螺旋比ノ大ナル間隔(即一、二ヨリ一、二迄)ニ於テ極大効率ノ差(若モアルモノトセバ)カ此ノ如ク小ナルヲ見テ大ニ驚キタルナリ。既ニ参考セル故「フルード」氏ノ論究ニヨレバ螺旋ガ車軸トナス平均角度ノ最モ有効ナルハ四十五度ナリキ。而シテ此場合ニ若モ平均有効直徑 (Mean effective diameter) ガ極大直徑 (Extreme diameter) ノ三分ノニ取ラルモノトセバ、螺距比ハ殆ンド一〇トナル。余ノ行ヒタル模型螺旋實驗ノ結果ニヨレバ、實驗ノ制限内ニ於テハ、螺距比ノ增加スルトトモニ効率モ甚ダ少シク增加スルヲ見ル。此結果ハ前ノ理論的ノ提言ト甚ダ微妙ニ一致シ。而シテ其差異ノ起ルニ殆ンド機會のノ源因ニヨルト考ヘ得ル程甚ダ小ナリ。故ニ余ハ實用上ノ目的ニ向テハ極大効率ハ螺距比ニ關セズト考ヘテ可ナリト思考ス。兎ニ角一、ニヨリ一、四迄ノ螺距比、及尙之ヨリ大ナル間隔ニ於テモ螺距比ノ變北ニ關セズト考ヘラルルナリ。

二十一、サテ吾人ハ進デ吾人ノ研究シ來リシ、與ヘラレタル螺旋ノ作用ニ關スル教示ヲ如何ニセバ、一定ノ條件ヲ満足スル螺旋ノ最適當寸法ヲ定ムル問題ニ自然ニ適應セシメ得ベキカラ研究セントス。

二十二、吾人ハヨキ効率ヲ得ンガタメニ(廣キ制限内ニ於テ)特ニ螺距比ヲ撰ブ必要ナク、且吾人ハ經驗ヨリ各ノ船ガ其機關ノ實馬力ニ對シ適當ナル毎分時回轉數ヲ得ンガタメ、夫々異リタル螺距比ノ必要

ナルコトヲ知ル、尙各ノ船ノ全速力ノ時ノ所要ノ毎分時回轉數ハ或一定ノモノニシテ、且生ジタル實馬力ニ關係ヲ有スルモノナリト考ヘラルルヲ以テ、直徑ノ變化ハ螺距比ニ相伴ヘル變化ヲ來タシ、從テ螺旋ノ大サヲ設計スルトキハ直徑ト螺距比トハ最初同時ニ未知量トシテ考フベキモノニシテ、何レモ他ヨリ先ニ定ムベキモノナラズ。

二十三、然レドモ今若シ螺旋ガ或一定ノ規則ニ從テ常ニ一ツノ或同シ螺距比ニ造ラルモノトセバ、問題ヲ甚ダ簡單ニシ、且教訓的研究ヲ爲スヲ得ベシ、並ニ此ノ如キ一定ノ螺距比ニ對シテ第一圖ノ如キ圖表ヲ正確ニ測定スレバ問題ハ十分簡單トナルベシ。然ルトキハ効率ハ直接失脚比ト關係ヲ有シ、其各ノ値ガ推力曲線ニテ代表セラレタル $\frac{T}{D^2 V}$ ノ値ニ夫々相當スベシ。與ヘラレタル T 及ビ V ノ値ニ適合スル螺旋ノ直徑ヲ定メンニハ、單ニ極大効率ノ失脚比ニ相當スル $\frac{T}{D^2 V}$ ノ値ヲ見出シ、之レヨリ D ノ計算スレバ可ナリ。又若シ此ノ如ク定メタル直徑ガ實用的ナラザルカ、又ハ過大ニシテ不便ナルトキハ、効率曲線ニヨリ効率ノ幾何ヲ犠牲トスルトナク、 $\frac{T}{D^2 V}$ 及失脚比ヲ増加シテ D ヲ小ニスルコトヲ考フレバ可ナリ。此ノ如ク相讓法ノ不必要ナル場合、又ハ効率曲線ガ極大効率ノ點ニ於テ尙著シク尖リテ、同様ナル好効率ヲ得ベキ失脚比ノ間隔ヲ制限スル場合ニアリテハ、疑ヒモナク極大効率ニ相當スル失脚比及

ヲ唯一ツ指定セバ十分ナリ。然レドモ此ノ如キハ明カニ問題ノ甚ダ不完全ナル解法ナリ、吾人ノ望ム所ハ効率曲線ノ形狀ヲ参考シ而シテ所要ノ螺旋ノ大サ、推力、及び速度ノ値ニ適當スル横坐標ノ位置ヲ定ムル法ヲ得ントスルナリ。

二十四、効率曲線ノ横坐標ニ於ケル此位置ハ効率ニ關スル螺旋ノ品位ヲ定ムル所謂相圖 (Token) ナリ、而シテ螺距比ノ撰定ニ迷フ場合ハ此横坐標位置ノ標準ニヨリ失脚比又ハソレニ從テ定マル $\frac{T}{D^2 V}$ ノ値ヨリ之ヲ導クヲ得ベシ。然レドモ第二十七版第二圖ノ圖表ノ性質ヨリ明ナル如ク、コレ等ノ特性ハ異ル螺距比ヲ有スル螺旋ノ効率曲線ニ關スル横坐標位置ノ共通標準ヲ定ムル役ヲナサズ、且他ノ自然的特性モ此目的ニハ用ヲナサザルガ如シ。適當ナル自然的特性ナキ場合ニハ唯一ノ手段トシテ吾人ハ任意ノ便宜ナル法ヲ導クヲ得ベシ、即余ハコレ等ノ効率曲線ガ一致スル様ニ螺旋ノ種々ノ螺距比(第二圖ニ示セル如キ)ニ關スル圖表ノ種々ノ横坐標ヲ任意ニ否寧ロ實驗的ニ變更スル法ヲ取レリ。此ノ如クシテ得タル圖ハ第三圖ニ示サレタリ。異ル螺距比ノ螺旋並ニ共通効率曲線ノ横坐標ニ於ケル位置ヲ示ス任意ノ横坐標ニ記入セラレタル尺度ノ讀ミ (Reading) ヲ記錄的稱號ノ必要上横坐標價 (Abscissa value) ト稱ゼン。

二十五、圖ニ於ケル點線ハ失脚比ノ累進的割合ヲ示ス。第二圖ニ於テ之ハ垂直ナルモ第三圖ニ於テハ横坐標ノ變更ヲ行ヒタル爲コレ等

ノ線ガ曲線トナリ且斜ニ表ハル。コレ等ノ曲線ハ或螺距比ニ對スル推力曲線トコレ等ノ曲線トガ交叉スル點ニ於テ其適當ナル失脚比ヲ示ス用ラナス。此ノ如クシテコレ等ノ曲線ハコレ等ノ交叉點ニ對シ與ヘラレタル直徑及ビ前進速度ノ螺旋ニ適當ナル毎分時回轉數ヲ定ムベシ。

二十六、サテ第二十七版第三圖ノ如キ圖表ガ十分正確ニ、且螺距比ヲ十分些ク割テ測定シ曲線ヲ決定シタルトセバ、如何ナル與ヘラレタル直徑、螺距比、(制限内デノ)及ビ V_s ト T ノ値ニ對シテモ横坐標價並ニ毎分時回轉數ヲ決定シ得ルコト明カナルベシ。即吾人ハ與ヘラレタル V_s 、 T 及ビ毎分時回轉數ニ對シ、第一ニ極大効率ヲ有スル螺旋ノ寸法ヲ撰定シ、第二ニ構造上又ハ他ノ事情ヨリノ條件ヲ満足スル爲ニコレ等ノ寸法ヲ如何ニ變更シ得ルカノ點ニ關シ意見ヲ建ツルヲ得ベシ。

二十七、第二十八版第四圖ハ前述ノ如キ異レル螺距比ノ模型螺旋實驗ヨリ得タル此種ノ圖表ナリ。余ハ後刻如何ニシテ此教示ガ實用的使用ノ上ニ一層便利ナル形狀ニ改良セラルルカヲ示サント欲スレドモ其以前ニ(第一)實驗ノ結果ヲ第四圖ノ如キ形狀ニ表ハス方法ヲ詳説シ、(第二)此圖表ガ全ク模型螺旋實驗ヨリ得タルモノナルヲ以テ之ヲ實際船舶ヲ推進スル全形大ノ螺旋ニ應用スルニ如何ナル修正ヲ要スルカラ研究セントス。

二十八、實驗シタル摸型螺旋ハ同一直徑($O \cdot 六八呎$)ニシテ四種ノ螺旋距比ヲ有ス、即一・二・五、一・四、一・八、二・二是ナリ。コレ等ノ螺旋ヨリ得タル結果ノ間ニ螺旋距比ノ尙細密ナル變化ニ對スル結果ヲ満足ニ投間(Interpolate)シ、且圖表ガ十分正確ニ取ラレ、其絕對量ヲ示スノミナラズ、尙螺旋距比ノ細密ナル差ニヨリ其結果ニ表ハレ來ル差異ノ性質ヲ正確ニ測定センガ爲ニハ、實驗中ニ起ル些細ナル誤差ニヨリ浸入スルモノト豫想セラルル微細ナル不規則ガ、其結果ニ表レ來ラザル企ヲ必要トスルナリ。此企ハ第四圖ノ圖表ヲ描出スル方法中ニ次ノ如ク行ハレタリ。結果ヲ解拆的ニ研究シテ次ノ事實ヲ知ル、即^(a)、數個ノ螺旋推力曲線間ノ關係ハ、經驗的ニ(結果ノ誤差ノ制限内デ)一定ノ失脚比ニ於テ、推力ハ(又ハ $D^{\circ}V_s$ ノ値ハ)螺旋距比ノ反數ヨリ或定數ヲ減ジタルモノニ從テ變化ス、而シテコノ定數ノ値ハ〇・一七ナリ「此値ハ實驗セル螺旋距比變化ノ範圍(即一・二・二五ヨリ二・二迄)全體ニ經驗的ニヨク適合ス、勿論コレハ螺旋距比ノ無限ノ範圍ニ適合スルモノナラズ、然ラザレバ螺旋距比五・九ニ至レバ螺旋ノ推力ガ總テノ失脚比ニ對シ零トナルベキ理由ナル故ニ」。^(b)、一定ノ効率ニ對スル推力(又ハ $D^{\circ}V_s$ ノ値)ハ螺旋距比〇・八乘ノ反數ニ從テ變ズルモノト考ヘ得、數個ノ螺旋推力曲線ハ提言^(a)ニヨリ作ラルルト同時ニ、實驗ノ結果ヲ參照シ、之ニ最モ近似スル如ク畫カル、而シテ同提言ニヨリテ中間ノ螺旋距比ニ對スル推力

曲線、及ビ實驗ニヨリ覆ハレタル一・二二五乃至二・二ノ範圍以外ノ螺距比ニ對スル推力曲線ヲ多少コレ等ノ推力曲線ヨリ誘導スルヲ得ベシ。サテ或共通横坐標價ニ於テ數個ノ推力曲線ノ堅坐標ガ提言(b)ニ從ヒ互ニ比例スル如ク横坐標軸ヲ變ズベシ。此後述ノ方法ヲ行フニハ一曲線ニ對スル横坐標軸、例ヘバ螺距比ニ對スル横坐標軸ヲ變化セズニ殘スヲ以テ、此螺距比ニ對スル横坐標價ハ正確ニ失脚比ニ比例セリ。

○「横坐標價ノ單位ハ(元來ノ圖表ヨリ讀ムニ便利ナルタヌ任意ニ撰ビタルナリ)二・五「パーセント」ノ失脚比ニ相當ス、故ニ二・二ノ螺距比ノ螺旋ニ對シテ横坐標價ハ失脚比ノ二・五分ノ一倍ナリ」。

二十九、圖表ノ推力曲線ハ摸型螺旋試驗ニ於ケル實際ノ直徑及ビ速度

ニ對スル推力ヲ示サズシテ $\frac{D}{T}$ ナル值ヲ示ス如キ堅坐標價ニラ

書カレタリ。此處ニ單位トシテ推力($=T$)ハ噸ニテ、直徑($=D$)ハ十呎ニテ、速度($=V$)ハ十浬ニテ表スコトシタレバ、曲線ハ十浬ノ單位速度ニ於ケル十呎ノ單位直徑ノ螺旋ノ絶對的推力ヲ示スモノト考フルヲ得ベシ。

三十、摸型螺旋ハ四翼ナリシヲ以テ、圖表ハ四翼螺旋ニ對シテハ元ヨリ正確ナリ。此曲線ハ其堅坐標ノ意義ヲ、螺旋數ニ適應シテ解釋スルタメ特ニ作ラレタル尺度ヲ用井、第十八項ニ與ヘラレタル與件ニ從テ二翼又ハ三翼ノ螺旋ニ應用シ得ベシ。

三十一、推力曲線ト失脚比曲線トノ各交叉點ニ對スル毎分時回轉數ヲ十浬ノ單位速度、及ビ十呎ノ單位直徑トシテ計算シ、而シテ其各交叉點ノ橫坐標價ノ上ニ堅坐標トシテ表ス。此ノ如クシテ得タル點ヲ連結シ、前記ノ曲線ニ適應スル累進螺旋比ニ從テ變化スル横坐標價ニ相當スル毎分時回轉數ヲ示ス曲線ヲ得。コレ等ノ曲線ノ堅坐標ハ十呎ノ單位直徑、及ビ十浬ノ單位速度ニ對スル絕對的毎分時回轉數ヲ示ス、而シテ螺旋比ト失脚比トガ一定ナルトキハ、毎分時回轉數ハ速度ニ從テ變シ、直徑ニ反比シテ變スルヲ以テ、其堅坐標ハ又 R_D ナル值ヲ示スモノト考ヘ得ベシ。ソコニ R ハ毎分時回轉數、 D_V ハ十呎ヲ單位トスル直徑、 V ハ十浬ヲ單位トスル速度ノ表ス。次ニ此圖表ヲ全形大ノ螺旋ニ適用スルニ吾人ノ考フベキ點ハ次ノ如シ。

三十二、圖表上ニ表レタル條件ニヨレバ、外觀上此圖表ヲ、如何ナル速度ニテ前進セル如何ナル大サノ螺旋ニモ應用シ得ル如クナレドモ、嚴格ニ云ヘバ是レ單ニ直徑〇・六八呎ノ螺旋力毎分時二〇六呎ノ速度ニテ前進セル場合ノ實驗ノ結果ヲ示スニ過ギズ、然レドモ此圖表ハ第十六條ニ於テ與ヘラレタル、箇條第一、及第三ニヨリ、如何ナル速度、如何ナル大サノ螺旋ニモ應用シ得ルニ至ルナリ。コレ等ノ箇條ハ螺旋ノ皮殼摩擦抵抗力表面積ニ從テ變化シ、速度ノ平方ニ從テ正確ニ變化スルトノ假定ノ下ニ於テハ理論上真正ナルモ、コレ等ノ假定カ不正確ナル域ニ至リテハ、此圖表ヲ全形大ノ螺旋ニ應

用スルニ當リ、恰カモ模型船ノ抵抗ヨリ船舶ノ抵抗ヲ計算スル時ニ、「比較法」ノ中ニ導カル、「船殻摩擦修正」ト同様ナル修正ヲ要ス。然レドモ吾人ハ現時螺旋推進器ニ關シテ此ノ如キ修正ノ量ヲ正確ニ定ムルニ足ル満足ナル與件ヲ有セズ。

三十三、今此圖表ガ全形大ノ螺旋ニ對シテモ正確ナリト假定スレバ、與ヘラレタル T 、（即推力）及ビ V 、（第六條及ビ第十條參照）ノ價ニ對シ螺旋ノ最良寸法ヲ決定シ得ベシ。然レドモ通常吾人ガ或實際ノ船ニ關シ、螺旋ノ最良寸法ヲ定メント欲スル時ニ、其設計ノ基礎トナル價ハ、コレ等ノモノニ非ズシテ抵抗（即有効馬力）ト速度 V （第六條及ビ第十條參照）ナリ。サテ「推力減少歩合」、即抵抗カ推力ヨリ少ナキ歩合、及「船脚水歩合」、即速度 V カ速度 V 、ニ超過スル歩合ハ、多クノ模型ニ其螺旋ヲ附シテ實驗シ決定シアルヲ以テ、之等ノ實驗ヲナサハリシ模型ノソレ等ノ值ハ、相似形狀ノ模型ノ實驗ヨリ稍正確ニ推論スルヲ得ベシ。故ニ吾人ハ、若モ「推力減少」、及ビ「船脚水」歩合ガ船ト模型トニ就テ同一ナリト假定スレバ、吾人ハ一般ニ或與ヘラレタル船ノ抵抗、及ビ V ノ值ヲ推力及ビ V ノ値ニ變移セシメ得ベシ。然レドモ船ノ表面摩擦ガ（比較的）小ナルタメニ、コレ等ノ歩合ハ、共ニ、模型ニ於ケルヨリ船ニ於ケル方ガ、多少小ナリト考へ得ル餘地アルヲ以テ、此所ニ再ビ不正確ナル分子ノ浸入スルヲ見ル。

三十四、前記ノ二ヶ條ニ參照セル影響ニ於テ、吾人ハニツノ不正確ノ浸入スル原因ヲ有シタリ、即（第一）全形大ノ螺旋ニ應用スルニ圖表自身ガ不正確ナルコト、（第二）圖表ヲ應用シテ全形大ノ船ニ對スル T ト V トヲ測定スルニ方リ浸入スル不正確、是レナリ。サテ故「フルード」氏ノ一八七八年ノ論文ニヨレバ、圖表ハ模型螺旋實驗ニ基礎ヲ有スルヲ以テ、其結果、螺旋ノ皮穀摩擦係數ヲ過大ニシ、從テ効率曲線ノ極大點ガ過高ノ横坐標價ニ位シ、曲線ノ横坐標價ヲ过大ニス、一方ニ於テハ、模型ニ關シテノ「船脚水」、及ビ「推力減少」ノ値ヲ、船舶ニ應用スルニ方リ、 V ヲ過小ニ、 T ヲ過大ニ計算スル傾アルヲ以テ、與ヘラレタル速度ニ於テ、或船ヲ推進スル一定ノ螺旋ニ適應スル横坐標價ヲ過大ニ採ル。故ニ圖表元來ノ目的タル、船ノ螺旋ガ効率ニ如何ナル關係ヲ有スルヤヲ決定センガタヌ、効率曲線ノ横坐標軸ニ於テ、効率ニ適合スル位置ニヨリ其關係ガ示サルル如クシテ圖表ヲ用ユレバ、ニツノ不正確ノ主因ハ互ニ打消スニ至ルベシ。同様ニ此圖表ガ、其第二ノ目的トモ稱シ得ベキ螺旋ノ毎分回轉數ヲ決定スルニ用ヒラルル時ハ、此ニツノ不正確ノ原因ハ互ニ打消スニ至ルベシ。

三十五、故ニ圖表ノ兩目的ニ關シテハ、吾人ハ單獨ノ誤差ニ就テ論ゼルニ非ズ、又同一ノ方向ニアル數種ノ誤差ニ就テ論ゼルニモアラズシテ、互ニ抵觸セル誤差間ノ平均ニ關シテ論ゼルナリ。即個々別々

ニ考へタル誤差ノ原因ハ共ニ重要ナリト雖モ、前述ノ如ク十分正確ニ圖表ヲ全形大ノ船ニ應用シ得ベシト考へラル。此應用シ得ル程度如何ニ關シテハ、或程度迄ハ船ノ汽走試運轉ノ結果ト、其試運轉ニ相當スル條件ヲ具備スル圖表ヨリ定メラレタル結果トヲ比較シテ試スコトヲ得ベシ。

三十六、余ガ第二ノ目的ト稱セル所ニ應用スルニ、此圖表ガ十分正確ナルヲ前記ノ法ニテ試サント欲シ、余ハ既ニ其模型ヲ「トルケー」ニ於テ實驗セシ種々ノ船ノ汽走試運轉ニ於テ記錄サレタル螺旋ノ寸法、毎分時回轉數、及ビ速度ニ對スル其船ノ圖表ヨリ毎分時回轉數ヲ定メテ比較シタリ。其結果ハ吾人ノ目下ノ目的ニ對シテハ次ノ如シ、即圖表ヨリ計算セル毎分時回轉數ハ、雙螺旋ノ場合ニハ概シテ二三「パーセント」多ク、單螺旋ノトキニハ二三「パーセント」少ナキガ如シ。

造船會報附錄 第貳號

〔此圖表ハ單ニ雙螺旋ニ關スル推進効率ノミヲ示ス。單螺旋ノ船ニ關シテ二三ノ結果ヲ同様ニ圖ニ示シタレドモ、其結果ハ横坐標價ノ少シノ範圍ニ止マリ、且互ニ抵觸スルコト多クシテ教訓的ナラズ〕。

三十八、コレ等ノ點ハ明ニ横坐標軸ノ零點ニ近ク効率ノ低下スルヲ示ス、而シテ今最モ嚴格ニ比較シ得ル「アイリス」(“Iris”)ノ累進試運轉ノ結果ノミニ注目スルトセバ、吾人ハコレ等ノ點ガ模型螺旋効率曲線ノ其相當スル部分ニ甚シク近似シテ一線上ニアルヲ見ルベシ。コレ等ノ結果ガ「アイリス」ノ累進試運轉間ニ於ケル推進効率ノ差異ヲ表スナルコトハ、此處ニハ横坐標價ノ差ニテ表サレタル螺旋ノ作用條件上ノ既知ノ差異ヨリ當然ノ結果トシテ表レ來ルモノト豫想セラル。

三十九、殘リノ諸點ハ大部分不規則ナリ、而シテ模型螺旋効率曲線ニ對シ一定ノ修正ヲ爲スニハ、アマリニ不規則ナル點多ク、尙其修正ヲ要スルカ否カノ點ヲ確信シテ定メ得ザル程不規則ニシテ分明セズ。コレ等ノ不規則カ圖上ニ表ハレタルハ、船ノ模型ノ抵抗實驗又ハ模型螺旋實驗カノ何レカニ、計算ニ入ラザリシ或作用ノ重要ナル因數ガ存在スルヲ示ス。コレ等ノ未知因數ハ大部分所謂機會的ノモノタルハ、「サンダラー」(Thunderer)ト「デバステーション」(Devastation)ノ結果間ニ存スル差異ニヨリ認メラル。而シテコレ等

而シテ第四圖ニ表サレタル効率曲線ト比較シテ示サレタリ。

ヲ船殻設計、又ハ螺旋位置設計ノ差異ノタメ起ル結果ナリトスルモ、其存在カ模型螺旋實驗ヨリ誘導セラレ、第四圖ニ綜合セラレタル螺旋寸法ノ効率ニ及ボス影響ノ一般的結論ヲ無効ニスルモノナラズ。上記ノ事實ハ單ニコレ等ノ結論ヲ全形大ノ螺旋ニ應用スルニ當リ加ベキ修正ヲ正確ニ定メントスル吾人ノ企圖ヲ實用上不可能ニ爲シタルニ過ギザルナリ。

四十、然ラハ此場合ニ余ハ次ノ如ク信ジテ可ナリト思考ス、即(第一)模型螺旋効率曲線ハ十分正確ナル性質ノモノナルベク、(第二)特ニ定メタル方法ニヨリ、第四圖ヲ用ヒテ全形大ノ船ノ螺旋ニ對シ計算シタル横坐標價ハ、其相互ヲ比較スルニ用ユルトキハ十分確實ナルベシ、然シ(第三)恐ラクハ實際上ノ効率曲線ニ比スレバ何等カノ誤差アルベシ。此不定ナルコトヲ以テ教示ノ價值ヲ全ク無効トナスヲ得ザルハ明カナレドモ、
■疑モナク其効力ハ薄弱トナリタリ。

■「此教示ヲ要シタル實用上ノ目的ニ著目スレバ」。

四十一、此ニ於テ次ノ二疑問ニ答フル教示ヲ要ス、即(第一)若シモ効率ノミヲ考ヘタルトキニ如何ナル大サノ螺旋ヲ撰バザルベカラサルカ、又ハ兎ニ角撰ビ得ルカ、(第二)此ノ如クシテ撰ビタル大サガ實際ニ必要ナルモノヨリ幾何ノ差異ヲ有スルカノニツナリ。

四十二、効率曲線ノ特性、及ビ其横坐標價ノ大ナル範圍ニ對シ効率カ實用上定數ナルコトヲ考フレバ、第一ノ疑問ニ答フルハ困難ナル業

ニ非ズ、吾人ガ絕對的極大効率ニ對ヘル横坐標價ヲ正確ニ定ムルヲ得ザルハ事實ナルモ、之レヲ定ムル必要アルガ如キ場合ハナシ。吾人ノ要スル所ハ、最モ良好ナル作用ニ著シク劣ルコトナキ作用ヲ爲スベキ一ツノ價ヲ定ムルニアルナリ。恐ラクハ横坐標價ノ八・〇ヨリ一・〇ニ至ル價ハ、何レモ安心シテ撰ビ得ベキモ、後刻判明スル如ク、與件ヲ巧ニ扱フ便宜上、何レカ一定ノ基本的ノ價ヲ定メ置クヲ便ナリトス、故ニ余ハ此目的ニ對シ九・〇ヲ撰ビタリ。

四十三、第二ノ疑問ニ對シテハ、與件カ不正確ニシテ確固タル回答ヲ爲スヲ得ス。便宜上如何ナル場合ニモ、現ニ撰ヒタル九・〇ナル横坐標價ニ相當スル直徑ヨリハ小ナル直徑ガ用ヒラルモノト想像シ、吾人ハ直徑ヲ減ズル方法ニ於テ拂ヒタル犠牲ガ、如何ナル點ニ於テ所要ノ利益ヲ收メ得ルカラ判断センガタメニ、其企圖セル直徑減少ニヨリ生ズル効率ノ損失ヲ正確ニ測定シ得ンコトヲ欲ス。不幸ニシテ現時吾人ハ之ヲ爲シ得ル自信ナシ。第五圖中ニ示シタルモノ中、最モ調和シ、且他ノ理由ヨリ最モ信用シ得ル「アイリス」ノ結果ヨリ判断シテ、吾人ハ模型螺旋ヨリ誘致セラレタル効率曲線ハ、其横坐標軸ニ於テ、開キ過グルト云ハンヨリハ寧ロ閉シ過グル結果ヲ呈セルヲ推論シ得ベシ。果シテ然ラバ此與件ヲ合意的ニ使用スレバ、横坐標價ノ過剰ニ課セラレタル犠牲ヲ少ク計上セズシテ、寧ロ多ク計上スルコトトナルヲ以テ、若モ模型螺旋ノ曲線ヲ使用スルコ

トトセバ、吾人ハ効率全體ニ就テノミ考フル時ニハ、安全ナル側ニアルナリ。サテ余ハ使用ノ便宜上、第四圖ノ如キ形ニ表サレタル教示ノ形狀ニ就テ考ヘントス。

四十四、此教示ノ目的ハ、吾人ヲシテ新設計ノ船ニ、最モヨク適合スル螺旋ノ寸法ヲ撰定セシムルニアリ。勿論吾人ハ速度、及ビ必要ナル實馬力ハ決定セルモノト考フ。機關ガ此實馬力ヲ最好都合ニ出スニハ機關ガ或一定ノ回轉數ニテ運轉スルヲ要ス、故ニ吾人ハ速度、實馬力、毎分時回轉數ヲ定マレル量ト考ヘ之レヨリ出發セントス。コレ等ノ量ニ對シ吾人ハ第一ニ横坐標價九・〇ニ對スル推進器ノ直徑ヲ定メ、次ニ此直徑ガ大ニシテ不都合ナル時ハ、横坐標價ヲ如何ニ變スレバ、如何ナル直徑ノ變化ヲ伴ヒ、同様ニ毎分時回轉數ヲ一定ニ保ツニハ、之レニ連關シテ螺旋比ニ如何ナル變化ヲ來スカラ決定セント欲ス。

四十五、此目的ニ向テハ第四圖ノ如キ如何ナル横坐標價ニ對シテモ直接適合スル構造ノ圖表ハ必要ナラズ。之レニ反シ若モ圖表ガ(第一)單ニ九・〇ナル構坐標價ニ對スル螺旋ノ寸法ヲ表シ、(第二)九・〇ヨリ他ノ價ニ變化スル時ニ伴フ直徑ト螺旋比ノ變化ヲ表ス如ク工夫セラルルナラバ圖表ハ尙便利ニ使用シ得ベシ(並ニ排列ニモ簡單ナリ)。此考ヘニテ排列セルモノハ第六圖ヨリ第九圖ニ至ルモノ即是ナリ。「第二十九版、第二十七版及第三十版」コレ等ノ圖表ハ一定

ノ毎分時回轉數、實馬力、船ノ速度ノ値ヲ、推力、及ビ V_1 ノ形ニ變セズシテ、コレ等ニ對スル直徑、及ビ螺距比ヲ決定シ得ル如ク排列セラレタリ。此ノ如キ形ニ與件ヲ排列スルニ當リ、勿論推進係數、推力減少及ビ船脚水ニ關シテ或假定ヲナスノ要アリ、然シ若シモコレ等ノ假定ガ不適合ナル他ノ特種ノ場合ニニハ之レニ對シ修正ヲナシ得ル詳細ヲモ與ヘタリ。何故ニ教示ヲ此ノ如キ形狀ニ排列シ得ルカハ次ノ理由ヨリ知ルベシ。

四十六、九・〇ノ横坐標價ニ對シ螺旋ノ寸法ヲ定ムルニ、吾人ハ先づ横坐標價ニ就テ論スルヲ要ス。第一ニ或螺距比ヲ假定セヨ。一定ノ横坐標價及ビ一定ノ螺旋比ハ一定ノ失脚比ヲ有スルノ意ナリ、且 $T \propto D^2 V_1$

ナルヲ以テ

$$TV_1 \text{ (即推力馬力)} \propto D^2 V_1$$

此所ニ要スル精密サニ對シテ(第五十一條第三文ヲ見ヨ)吾人ハ船殻効率ヲ定數ナリト見ルヲ得ベシ、即一トスルヲ得、(第十一條ヲ見ヨ)即而シテ
有効馬力 = 推力馬力

$P \times \text{實馬力} \propto D^5 V_i^3$

ナリ。サテ螺距比ト失脚比トハ共ニ定數ナルヲ以テ、

$$\text{毎分時回轉數} \propto \frac{V_i}{D}$$

故ニ吾人ガ毎分時回轉數ヲ又定數ト假定スルナラバ

$$V_i \propto D$$

$$P \times \text{實馬力} \propto D^5 \propto V_i^5$$

ナリ。 $\nabla V_i \propto (1+w)$ ニテ表スモノトセバ

$$V_i^5 = \left(\frac{V}{1+w} \right)^5$$

ナリ。果シテ然ラバ、吾人ガ若モ推進係數 p 、及ビ船脚水因數 $(1+w)$

ニ對シ、或一定ノ基本價ヲ撰ブ時ハ、 $\frac{1}{L} \frac{V}{V_i}$ 及ビ $D \frac{1}{L}$ ハ定數ト

ナル。詳言スレバ、吾人ノ現ニ論ゼル一般ノ條件、即横坐標價ガ九。

○ニシテ推進係數、及ビ船脚水因數ガ一定ノ基本價ナル場合ニ於テハ、上記ノ價ガ與ヘラレタル螺距比及ビ毎分時回轉數ニ對シテ定數トナルナリ。

◊「然ラバ $100 \times w$ ハ所謂船脚水歩合 (Wake per-centge) ハシテ V_i カ V 、ヨリ大ナル割合ナリ。(第三十二項參照)」。

四十七、コレ等ノ價ハ第四圖×ヲ用ヒテ計算セラル、即第四圖ヲ用ヒ、

螺距比、及ビ毎分時回轉數ノ種々ナル値ニ對シテ計算シ、第六圖ヲ得。第六圖ニ示サレタル曲線ノ堅坐標ハ、夫々毎分時回轉數ニ適合

シ、其横坐標ハ螺距比ヲ代表ス、第二十九圖第七圖ノ曲線ニテ表フ用ヒズシテ實馬力*ヲ盛チニ I^5 ニ變シ得シ。

*「コレ等ノ曲線ノ堅坐標ハ多少異リタル形ニテ、第四圖ノ如キ同様

ナル。與件ヲ含ム圖表ヨリ得ラル、即第四圖ヨリ次ノ如クシテ得ラルルナリ。第四圖ニ於テ横坐標價九・〇ノ所ニテ、與ヘラレタル螺距比ニ對スル推力、及ビ回轉數曲線ノ堅坐標ヲ夫々 t 及ビ r トセ

モ。然ラバ

$$t = \frac{T}{D^5 V_i^3}, \quad r = \frac{RD}{V_i}$$

ナルヲ以テ、吾人ハ直チニ次ノモノヲ得

$$\frac{TV_i}{V_i^5} = \frac{tr^2}{R^2}, \quad \frac{D^5}{TV_i} = \frac{r^3}{t R^3}$$

$$\frac{I_5^3}{V_i} = K_1 \times \sqrt[5]{\frac{tr^2}{R^2}}, \quad \frac{D}{I_5^3} = K_2 \times \sqrt{\frac{r^3}{t R^3}}$$

(ソニニ K_1 、 K_2 ハ定數ニシテ TV_i ノ實馬力ニ對スル假定的基本比ヲ含ミ、 K_1 ハ尙其上ニ V ノ V_i ニ對スル假定的基本比ヲモ含ム)。

然ラバ $\frac{1}{L} \frac{V}{V_i}$ 及 $D \frac{1}{L}$ ニ對スルコレ等ノ値ハ t 及 r ナル値ヲ與フル螺距比ニ於ケル毎分時回轉數 R ニ相當スル曲線 (第六圖ニ於

ケル) ノ堅坐標ナリ)。

*「第六圖ノ曲線ハ四翼螺旋ニ對スル曲線ナリ。コレ等ヲ二翼又ハ三翼ノ螺旋ニ應用スルニハ、最初四翼螺旋ノ推力ガ、同ジ直徑ノ二

翼又ハ三翼螺旋ガ同失脚比、同速度ニテ作用スルトキノ推力（第

十八條参照）ニ勝ル丈ケノ比ニ、其所要ノ實馬力ヲ增加シ置クヲ要ス。然レドモコレ等ノ算術的運算ヲ廢センガタメ、第七圖ニ二

本ノ附加的曲線ヲ與ヘタリ。此曲線ハ共通横坐標軸上ニ其實際所要ノ實馬力ヲ代表シテ畫カレ、二翼及三翼螺旋ニ對シテ用ヒラルル $\frac{1}{5}$ ノ價ヲ表ハス」。

四十八、與ヘラレタル實馬力、船ノ速度及ビ毎分時回轉數ニ對シテ要スル螺旋ノ寸法ヲ、コレ等ノ圖表ヲ用ヒテ定ムル完全ナル順序ヲ詳記スレバ次ノ如シ。

即チ、

第一、第七圖ニ於ケル曲線ヲ用ヒテ實馬力 $\frac{1}{5}$ ニ變スベシ。

第二、 $\frac{1}{5}V$ ニテ除セ。

第三、所要ノ毎分時回轉數ニ適合スル $\frac{1}{5}V$ ノ曲線ヲ撰ベ。

第四、既知ノ $\frac{1}{5}V$ ノ値ヲ、其堅坐標トシテ有スル如キ横坐標ニ於ケル一點ヲ見出セ。此點ガ所要ノ螺旋比ヲ與フ。

第五、同一毎分時回轉數、及ビ同一橫坐標位置ニ對スル $D\frac{1}{5}$ ノ曲線堅坐標ヲ讀メ。

第六、此堅坐標 $\frac{1}{5}$ ニテ乘セヨ。其相乗ガ所要ノ直徑ヲ與フ。

既說ノ如ク、第二十九版第六圖ニ於ケル曲線ハ、 $(1+z)$ 、及ビ p ノ値ニ對シテ、或一定ノ基本價ヲ假定シテ得タルモノナリ $(1+z)$ 、及

ビ p 、即船脚水、及ビ推進係數ヲ考ニ入レタルトキニ、若モコレ等ノ假定的基本價ニ差異ヲ認メ、修正ヲ爲スノ要アリトスルモ、其順序ハ極メテ簡單ナリ。

四十九、コレ等ノ基本價 $(1+z)$ 及 p トセバ、 $\frac{1}{5}V$ 及 $D\frac{1}{5}$ ニ於ケル V 、及ビ I ノ値ハ、夫々 $V \times (1+z)$ 、及ビ $(\text{有効馬力} \times p)$ ヲ意味スルコトナル。若モソレ等實際ノ價 $(1+z)$ 及 p ナリトセバ、實際ノ速度、及ビ實馬力ハ夫々 $V \times (1+z)$ 、及ビ $(\text{有効馬力} \times p)$ ニテ表ハシ得ベシ。故ニ圖表ニ使用シ得ル如キ值ニ實際ノ速度、及ビ實馬力ヲ變化セシメンニハ、コレ等ヲ夫々 $\frac{1}{5}z$ 及 p 即 p ニテ乘セザルベカラズ。

五十、 $(1+z)$ ノ値ハ主トシテ船殻ノ形狀、螺旋ノ位置、即チ船殻ニ對スル螺旋ノ位置ニ關係ヲ有ス。 $(1+z)$ ト $(1+z)$ トノ間ニ差異ノ存スルトキハ、何レノ場合ニ於テモ行ハザルベカラザル修正ノ簡便ナル處分法トシテ、余ハ第二十七版第八圖ニ、現存セル種々ノ船ニ對スル其模型ニ就キ螺旋實驗ヲ行ヒテ其修正ノ量ヲ定メ之ヲ尺度ニ示シタリ。即チ新設計ノ最酷似セル現存ノ船ニ對シテ知ラレタル此修正ヨリ新設計ニ對スル修正ヲ推論シ得ベシ、此尺度ノ讀ミハ $(1+z)$ ノ値ヲ示スニ非ズシテ、修正ヲ行フニ當リ $\frac{1}{5}V$ ニ乘スベキ $\frac{1}{5}z$ （ $= W$ トセン）ナル乘數ノ價ヲ示ス。此ノ如クナルヲ以テ、嚴格ニ

$W \times \frac{1}{V}$ ナル値ヲ示スナリナリ。W ナル値ハ基本價 $(1 + \alpha)$ ガ十分正確イナリト考ヘラルル場合ニハ常ニ一ナリ。

⁴ 「此基本價ハ $(1 + \alpha) = \frac{1}{0.9}$ ナリ、之ハ船殻効率ガ一ナル時ニ、
 $\frac{P}{T} = 0.9$ (第九條参照) ナル値ニ相當スル $(1 + \alpha)$ ニ對シテノ價
 ナリ。實ニ基本船脚水歩合ハ推力減少ノ十「パーセント」ニ相當ス
 ルナリ」。

五十一、假定セル基本價 P_r ハ〇・五ナリ。換言スレバ

$$\frac{\text{實馬力}}{\text{有効馬力}} = \frac{50}{100}$$

ト假定セルナリ。余ハ實用上此價ニ對スル差異ニ向テハ修正ヲナス
 必要ナシト思考ス。吾人ハ實馬力、推進効率、及ビ其種ノモノニ關
 シ論ジ來リシガ、吾人ハ船ノ要スル實馬力ヲ定メントスルニハ非ズ
 シテ、單ニ所要ノ螺旋寸法ヲ定メンタメニ計畫上ノ實馬力ヲ扱ヒ居
 ルナレバ、此目的ニ對シテハ P_r ラ甚ダ正確ニ定ムルノ必要ナシ。

P_r ノ種々ナル價ニ對スル曲線ハ、余ガ第三十版第十圖ニ與ヘタル
 $P_r = 1.2$ ニ對スル曲線ト、甚ダ少シノ差アルノミニシテ、通常ノ場
 合ニハ、之レヲ以テ P_r ノ他ノ價ニ對スルモノヲ代表セシムルモ、十
 分正確ナルベシ。

「コレ等ノ曲線ノ堅坐標ハ、第六圖 (第四十七條ノ註ヲ參照) ニ於
 五十二、船ヲ推進スル螺旋ニ、第四圖ノ與件ヲ應用スルニ必要ナルモ
 ノトシテ、第三十三項ニ記述セル推力減少ノ斟酌ハ、如何ニナリシ
 カトノ疑問ガ或ハ起ルベシ。之ニ對スル答ハ次ノ如シ、即與件ヲ
 應用スルニ、此場合ニ採リタル方法ニ於テ、推力減少ニ關スル斟酌
 ハ、船殻効率ヲ一ナリト假定セルタメニ (第四十六條及第五十條ノ
 註ヲ參照スペシ) 船脚水ニ對シテ行ヒタル斟酌中ニ包含セラレタリ。

故ニ第六圖ノ計算ニ用ヒタル假定ヨリ偏差アルタメニ修正ヲ行ヘ
 バ、既ニ推力減少ノ變化ニ對スル修正ヲ明ラサマニナスノ機會ナキ
 ナリ。

五十三、第九圖ハ横坐標價ガ九・〇以外ノ價ニ變化セル場合ニ件フ直
 徑及ビ螺距比ノ變化ヲ示ス。實馬力、速度、毎分時回轉數ハ一定ニ
 シテ變化セズ。二組ノ曲線ノ堅坐標ハ夫々 $D \cdot D_r$ 及ビ $P \cdot P_r$ ナル値ヲ
 示ス。ソコニ D_r ト P_r トハ夫々九・〇ナル横坐標價ニ對スル直徑ト螺
 距比トヲ示ス。各ノ組ノ曲線ハ夫々累進的ニ P_r ロノ便宜ナル値ヲ
 表ハス。

標價ガ變化スルモ一定ナリ、然ラバ

$$t_n = \frac{T}{D_n^2 V^2}, \quad r_n = \frac{R D_n}{V}$$

ナリ。若モ吾人ガ螺距比 P_n / P_{n+1} ニ變ジタリトセバ、直徑ハ D_n ヨリ或未知ノ直徑 D_{n+1} ニ變ズベク、横坐標價ハ九〇ヨリ或未知ノ值 A_{n+1} ニ變ズベシ。螺距比 P_n 橫坐標價、 A_n ニ對スル推力、及回轉數曲線ノ未知豎坐標ヲ夫々 t_n 及ビ r_n トセヨ、然ラバ、

$$t_n = \frac{T}{D_n^2 V^2}, \quad r_n = \frac{R D_n}{V}$$

$$\begin{aligned} t_n &= \left(\frac{D_n}{D_{n+1}} \right) \cdot \frac{r_n}{r_n} = \frac{D_n}{D_{n+1}}, \\ t_n &= \left(\frac{r_n}{r_n} \right)^2 \end{aligned}$$

即吾人ハ圖表ニ於テ $\frac{t_n}{r_n} = \left(\frac{r_n}{r_n} \right)^2$ トナルガ如キ A_n ノ値ヲ見出セ

バ可ナリ、而シテ $\frac{r_n}{r_n}$ ノ絶對值ヲモ見出スラ得ベシ。此値ハ即 D_n / D_{n+1} ニシテ、横坐標價 A_n ニ對スル D_n / D_{n+1} ヲ示ス曲線ノ豎坐標ナルベク、 P_n / P_{n+1} ナル比ハ P_n / P_{n+1} ヲ示ス曲線ノ相當セル豎坐標ナリ。

五十四、此論文中ニアル教訓ノ第一ノ目的ハ、表題ノ如ク、特種ノ奇

ナル條件ニ適應スル螺旋ノ寸法ヲ、正確ニ撰定スルニアルナリ。然

シ又反對ニ、時トシテハ此教訓ヲ用ヒテ試運轉ニ於ケル不測ノ結果、即速度ノ失敗等ヲ説明シ得ベシ。

五十五、試運轉ノ結果ニテ速度ニ對スル實馬力、及ビ毎分時回轉數ヲ知ル。コレ等ノ値ヨリ第六圖ノ曲線ヲ用ヒテ横坐標價九〇ニ相當スル螺距比ト直徑ヲ知ル、而シテ實際ノ直徑ト、此ノ如クシテ得タル直徑トノ比、及ビ第九圖ノ曲線ヲ用ヒテ、試運轉ノ狀態ニ於ケル船ノ螺旋ニ相當スル實際ノ横坐標價ヲ定ム。然ラバ其失敗カ横坐標價ノ異常ナルタメニ起レルモノナルヤ否ヤ、即換言スレバ螺旋ガナサントスル仕事ト、螺旋ガ有効ニナシ得ル仕事トノ間ニ異常ノ關係ガ存スルタメナルヤ否ヤラ得ルヲ知ル。

五十六、尙ホ試運轉ノ結果タル速度、毎分時回轉數、及ビ螺旋直徑ニ對シ、此ノ如ク横坐標價ヲ見出シ、次ニ曲線ヨリコレ等ノ條件ニ適當スル或螺距比ヲ知ルヲ得ベシ。若モ此値カ實際ノ螺距比ト微妙ニ一致スレバ、明カニ試運轉ノ成績ハ少クトモ合宜的ナリ、而シテ螺旋ノ作用ヲ考フル範圍内ニ於テハ、失敗ノ源因タル著シキ不規則ナル事情（即異常ナル船脚水、及ビ推力減少、又ハ螺旋ノ歪變等）ナキハ明ナリ、若モ失敗ノ源因タル此ノ如キ作用アルトキハ、疑モナク計算シタル螺距比ト、實際ノ螺距比トノ間ニ不一致ノ點表ハレ來ルヲ以テ、此ノ如キ作用ノ存シタルハ自ラ分明スベシ。前者ノ如キ場合ニアリテハ、自然、船ノ抵抗ノ著シク過大ナリシニ失敗ノ源因アリト推論シ得ベシ。又若モ計算シタル螺距比ト、實際ノ螺距比間ニ著シキ不一致ナル點アリテ、前述ノ如キ或不規則ナル事情ノ存ス

ルヲ知ラバ、事實ニ調和セシムルタメニ種々ノ假設ヲナシ、想像的
ニ其性質ヲ知ル或端緒ヲ與フベシ。

造船協会報 第二貳號

五十七、此ノ如キ解析的研究ニ對シテハ、恐ラク第四圖ノ基本的圖表

ガ、之レヨリ誘導シタル第六圖ノ圖表ヨリ一層一般的ニ役立ツベシ。

然シ或場合ニハ、第三十一版第十一圖ノ圖表ガ最モ便ナリ。一般ニ

ハ、第一ニ計算シ得ルモノハ實失脚比ナリ、故ニ之ヲ定メテ後、實

螺距比、及ビ毎分時回轉數ヲ知リテ、即チニ速度 V ヲ見出シ得ベ

シ。今速度 V ノ記録ヲ正確ナルモノト假定スレバ之レヨリ「船脚水」

ノ値ヲ得ベシ、又反對ニ若モ吾人ガ（制限以内ニ於テ）「船脚水」

ノ値ヲ確信シテ定メ得ルモノトセバ、速度 V ノ記録ニ對シ驗證ヲ得

ルナリ。若モ第四圖ヲ用フルコトセバ、吾人ガ今定メント欲スル

所ノ其 V ヲ先づ以テ定メザルベカラズ。之レニ反シ第十一圖ノ曲線

ハ、單ニ推力、及ビ毎分時回轉數ヨリ任意ノ直徑、及ビ螺距比ノ螺

旋ニ對スル失脚比ヲ定メ得ルナリ。

五十八、吾人ハ與ヘラレタル螺距比、螺翼數、及ビ失脚比ニテ作用ス

ル螺旋ニ對シテ

$$T \propto D^2 V^2$$

$$V \propto DR$$

$$T \propto D^2 R^2$$

$$R \propto$$

ナルコトヲ知ル。

$T \propto DR$ ナル比ハ、螺距比、及ビ失脚比ト共ニ變ス、而シテ其值ハ、

失脚比ノ横坐標軸上ニ、種々ナル螺距比ニ適應スル曲線ノ堅坐標ト
シテ第十一圖ニ示シタリ。圖表ヲ二翼、又ハ三翼ノ螺旋ニ應用スル

タメニ、特種ノ尺度ヲ附シタリ。コレ等ノ曲線ヨリ、與ヘラレタル

螺距比、及ビ $\frac{T}{D^2 R^2}$ ノ價ニ對スル失脚比ヲ直チニ見出シ得ベシ、

（勿論此圖表ノ堅坐標ハ、或螺旋ニ對スル $\frac{T}{D^2 R^2}$ ノ價ヲ表スモノ

ト考ヘズシテ、單ニ毎分時ニ單位回轉ヲナス單位直徑ノ螺旋ノ推力

ヲ示スモノトモ考ヘ得ベシ）。

此論文ヲ丁ル前ニ、余ハ所説ノ概念ヲ簡單明瞭ニセンガタメ、故ラ

ニ注意ヲ促サズニ殘シタルニ三ノ點ニ就テ述ベントス。

〔此方程式ヨリ吾人ハ

$$TV_1 (= \text{推力馬力}) \propto D^2 R^3$$

ヲ得。而シテ 推力馬力 即螺旋効率ハ、汽機効率（Engine effi-

cency）ニアリ變化ヲ受ケテ實用上定數ナルヲ以テ、（異常ナル汽機

摩擦及ビ異常ナル横坐標價ヲ有スル場合ヲ除外シ）吾人ハ

$$\text{實馬力} \propto D^2 R^3$$

ヲ得。此ノ如ク 實馬力 ロ示ス圖表ガ、一見（推力ヲ決定スルノ

要ナキヲ以テ）第十一圖ヨリハ役ニ立ツ如クナレドモ、大ナル失

脚比ニ對シテハ、此値ガ定數トナルヲ以テ、失脚ノ値ヲ定メ得ザ

ルニ至ルベシ。此ノ如クナル意味ハ、若モ或螺旋ガ與ヘラレタル

毎分時回轉數ニテ作用セル時ニ、前進速度 V ガ變化スレバ、失脚

モ變化セラルルコトニ考へ及ハバ明ナルベシ。速度ガ減スルニ從テ（併シ失脚ハ増加ス）推力ハ増加シ、從テ推力ノ値カ失脚ノ値ヲ定ム、即百「バーセント」ノ失脚ニ至ルマデモ（少クトモ理論的ニハ）定ムルニ至ル。然レドモ「 η 」ノ値ハV₁ノ減少スルタメ、早くモ其增加ヲ停止ス。（而シテ次第ニ減少シ始ム）。轉速力ナル値ハ、四十又ハ五十「バーセント」ノ失脚邊マデハ、其增加ヲ停止スベクモ見ヘズ（故ニ實際ハ失脚ヲ定ムルヲ得ザルナリ）、而シテ其方向ノ定マルコト、コレ等ノ點ニ於テハ甚薄弱ニシテ、且著シク短カケレバ、此論文ニ於テ、余ハ不便ナル形ヲモ顧ズD.R.ヲ採リ、此値ヲ全ク捨ツルコトセリ」。

五十九、最初余ハ、與ヘラレタル船ノ螺旋直徑ノ變化ガ、單ニ「螺旋効率」ニノミ影響ヲ有シ、從テ全體ノ作用ニ變化ヲ與フレドモ、「船殼効率」ニハ影響セザルモノトシテ問題ヲ論ジタリ。（第十二條參照）此ノ如キハ事實的ナラズ。模型、船及ビ螺旋ノ實驗ニヨレバ、螺旋直徑ヲ減少スレバ、少クトモ單螺旋ノ場合ニハ、一般ニ著シカラザレドモ尙觸知シ得ベキ船殼効率ノ増加ヲ來ス、而シテ此事實ハ實驗セル範圍内ニ於テ、他ノ條件ガ全ク同一ナル場合ニ、小直徑ニ對スル附隨的利益ノ増大ヲ示ス。此理ハ雙螺旋ノ場合ニモ適用シ得ベシ、何トナレバ此場合ニハ直徑ノ變化ガ船殼効率ニ及ボス上述ノ如キ影響ハナキモノノ如ク、又存在スルモノトスルモ甚ダ僅カナレドモ、

雙螺旋ノ直徑ノ減少ハ、車軸管、及ビ其附屬具ノ抵抗ヲ減少スルガ故ニ。

六十、次ニ余ハ暫時ノ間不正確ナガラニ翼、三翼、及ビ四翼螺旋ノ極大効率ヲ同ジモノトシテ論ジ來レリ。若モ此事ガ事實上然ラバ、前項ニ於テ考へタル如ク、四翼螺旋ガ同ジ横坐標價ニ對シテハ、小ナル直徑ヲ有スル理ナルヲ以テ、常ニ四翼螺旋ガ用ヒラルベキ筈ナリ。然レドモ吾人ノ模型螺旋實驗、及ビ理論的研究ノ結果ハ、事實ノ示ス如ク、螺旋數ヲ增加スルニ從テ、寧ロ極大効率ヲ減ズル傾向アルヲ示スヲ以テ、余ハコレ等ニツノ互ニ相反セル傾向ノ結果、如何ナル種ノ螺旋ニ就テモ、横坐標價九・〇ニ相當スル直徑ヲ採用シ得ル事情ヲ有スル間ハ、一翼、三翼、四翼ノ何レヲ擇ブモ差支ナシトノ考ヘヲ抱クニ至レリ。或ハ直徑ノ制限アリテ、過大ナル横坐標價ヲ占ムルコトアルベシ。此ノ如キ場合ニ四翼螺旋ヲ採用スレバ横坐標價ヲ減少シ、且都合ヨキ大キサヲ得ベシ。

六十一、余ハ今迄螺旋ノ比較的幅ノ變化ニ伴フ影響ニ關シテハ論ズル所ナカリシガ、其影響ハ勿論螺旋數ノ差異ニ伴フ影響、即一定ノ推力、及ビ速度ニ對スル或横坐標價ニ適應スル、螺旋直徑ノ差異ニ伴フ影響ト相似ナリ。効率曲線ノ特性ヲ考へ、且螺旋効率ニ現著ナル差異ヲ生ゼシムルニハ、横坐標價ヲ大ニ變ズルノ要アルヲ思ヘバ、螺旋ノ比較的幅ノ些細ナル差異ノ如キハ常ニ遭遇スル問題トシテ考

フベキ要ナシト考ヘラル。尙余ハ異レル船ノ異レル條件ニ對シ、翼幅ノ比例ヲ著シク變ズルノ要ナシト思考ス。今吾人ノ考ヘタル直徑ノ制限ノタメニ、過大ノ横坐標價トナル場合ニ於テモ、余ハ翼幅ヲ變ジテ此過大ナルヲ減ゼントスルハ誤ナルベシト考フ、何トナレバ此法ニヨリ好果ヲ收ムルニ十分ニ翼幅ヲ大トスレバ、螺旋ノ比例ヲ惡シクシ、且翼面積(Blade area)ノ圓盤面積(Disc area)ニ對スル比ガ惡シクナルタメニ、横坐標價ヲ減少シテ得ル其利益以上ニ効率ニ於テ損失ヲ來スベシト余ハ考フル故ナリ。

六十二、終ニ、余ノ今迄述べタル所ハ、螺旋ノ最モ適當ナル形狀、及び比例ヲ定ムルニハ、單ニ汽機ノ要スル馬力ニ對シテ毎分時回轉數ヲ撰ベバ螺旋比ハ自然ニ定マリ來ルヲ示ス。勿論此法ヲ適當ニ應用シ得ル制限ハ存スルナリ。且此方法ノ結果トシテ包含的ニ或横坐標價ニ對シ、實用上効率ガ定數タルベキ範圍以外ニ螺旋比ヲ撰ブノ要アル場合モアルベシ。此範圍ガ幾何模型實驗ニヨリ定メラレタル範圍以外ニ出ヅルカハ(第二十條參照)吾人ハ確信シテ判断スルヲ得ズ、尙此範圍以外幾何ノ點ニアル螺旋比ニ伴フ効率ノ損失ガ幾何ナルヤヲ定ムルハ更ニ困難ナリ。然レドモ實驗ノ範圍内ニテ得タル結果及ビ既ニ參考セル一八七八年ニ本協會ニ致シタル論文ノ理論ヲ結合シテ、余ハ其範圍ガ二・二ナル螺旋比以上ニ擴ルトモ、一・二二五ナル螺旋比以下ニハ到ラズト考フ。故ニ余ハ螺旋比ヲ一以下ニ撰バ

ンヨリハ横坐標價ヲ增加シテ(例ヘバ十五・〇迄モ)直徑ヲ減少スルヲ可ナリト思考ス。

FIG. 1.

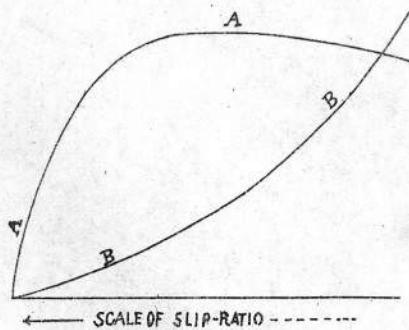


FIG. 2.

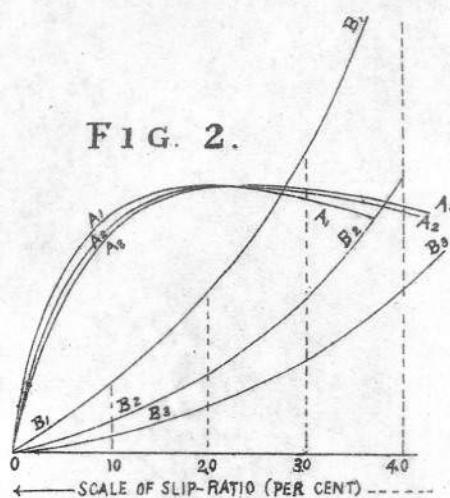


FIG. 3.

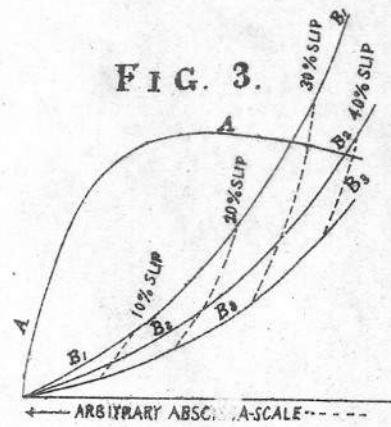


FIG. 4.

CURVES OF THRUST AND REV² PER MIN. FOR VARIOUS PITCH-RATIOS,
PLOTTED TO ABSISSA-VALUE, WITH COMMON EFFICIENCY CURVE.

REFERENCES

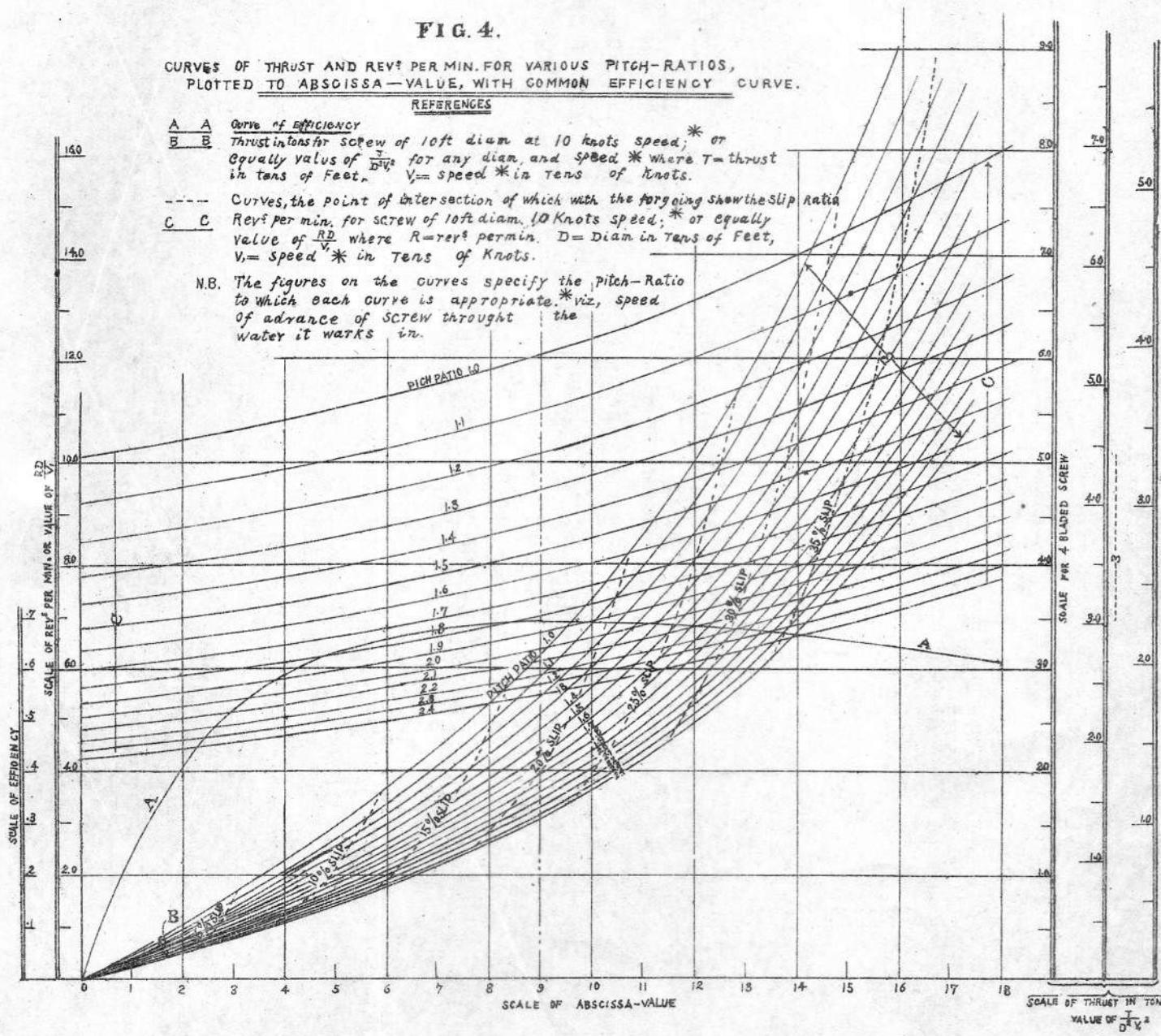
A A Curve of Efficiency

B B Thrust intensity for screw of 10ft diam at 10 knots speed; * or
Equally value of $\frac{TD}{V^2}$ for any diam, and speed * where T=thrust
in tons of Feet. V= speed * in tens of knots.

--- Curves, the point of intersection of which with the foregoing show the Slip Ratio

C C Rev² per min, for screw of 10ft diam. 10 Knots Speed; * or Equally
value of $\frac{RD}{V^2}$ where R=rev² per min. D=Diam in Tens of Feet,
V= Speed * in Tens of Knots.

N.B. The figures on the curves specify the pitch-Ratio
to which each curve is appropriate. viz, speed
of advance of screw through the
water it works in.



PROPELLING COEFFICIENTS & VALUES OF $\frac{E.H.P.}{I.H.P.} \times$ FOR ACTUAL SHIPS COMPARED WITH EFFICIENCY CURVE GIVEN BY MODEL SCREW-EXPERIMENTS.

REFERENCES.

+ 1	"IRIS"	Original 4-bladed screws [Feb 4 1878]	Speed 16.5 Knots	⊕ 11	EDINBURGH	[Sep 7 1878]	Speed 16.0 knots
+ 2	"	alternate blades removed [Feb 15 1878]	15.7 "	⊗ 12	CONQUEROR	[? date]	15.5 "
+ 3	"	new reduced 4-bladed screws (July 3 1878)	18.6 "	○ 13	DEVASTATION	[Oct 31 1872]	18.8 "
+ 4	"	new 2-bladed screws (Aug 1 1878)	18.6	○ 14	"	[April 15 1873]	13.3 "
+ 5	"	new 4-bladed screws load draft (June 12 1880)	Speed 18.0 kn.	○ 15	THUNDERER	[Jan 4 1877]	13.4 "
X 6	MERCURY	(Aug 6 1879)	Speed 18.9 Kn	○ 16	"	[Jan 6 1877]	18.0 "
X 7	PHAETON	(Feb 12 1884)	" 18.7 "	○ 17	INFLEXIBLE	2-bladed screws (Nov 14 1878)	Speed 14.7 knots
⊕ 8	COLLINGWOOD	[? date]	" 16.6 "	○ 18	"	[Dec 18 1880]	14.3
⊕ 9	"	[? date]	" 16.05 "	○ 19	"	[Nov 30 1881]	13.8
⊕ 10	"	Pitch reduced to 17.5 ft	" 16.8 "				

* i.e. E.H.P. OF SHIP WITH SHAFT-TUBES AND OTHER APPENDAGES.

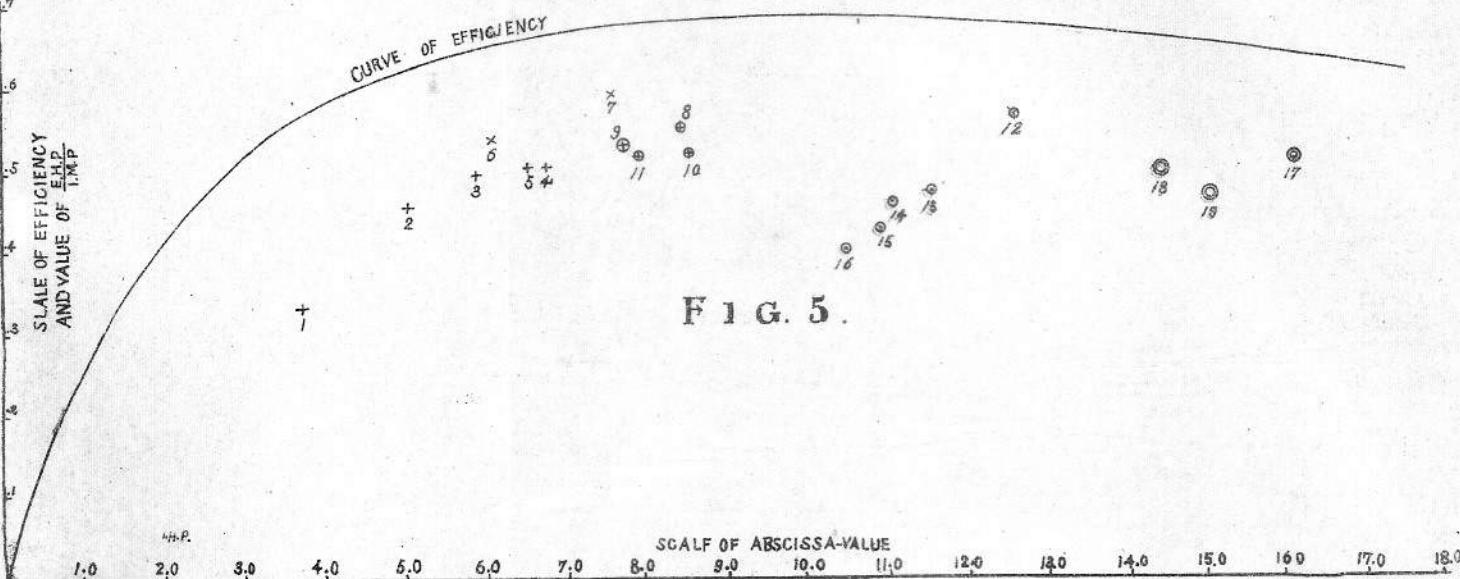


FIG. 5.

CURVES FOR DETERMINING DIAMETER AND PITCH-RATIO FOR THE 9.0
ABSCISSA-VALUE FOR ANY GIVEN I.H.P. SPEED OF SHIP AND REV'S PER MIN:
*FOR TWIN SCREW SHIPS THE I.H.P. TO BE TAKEN IS THAT FOR EACH SCREW.

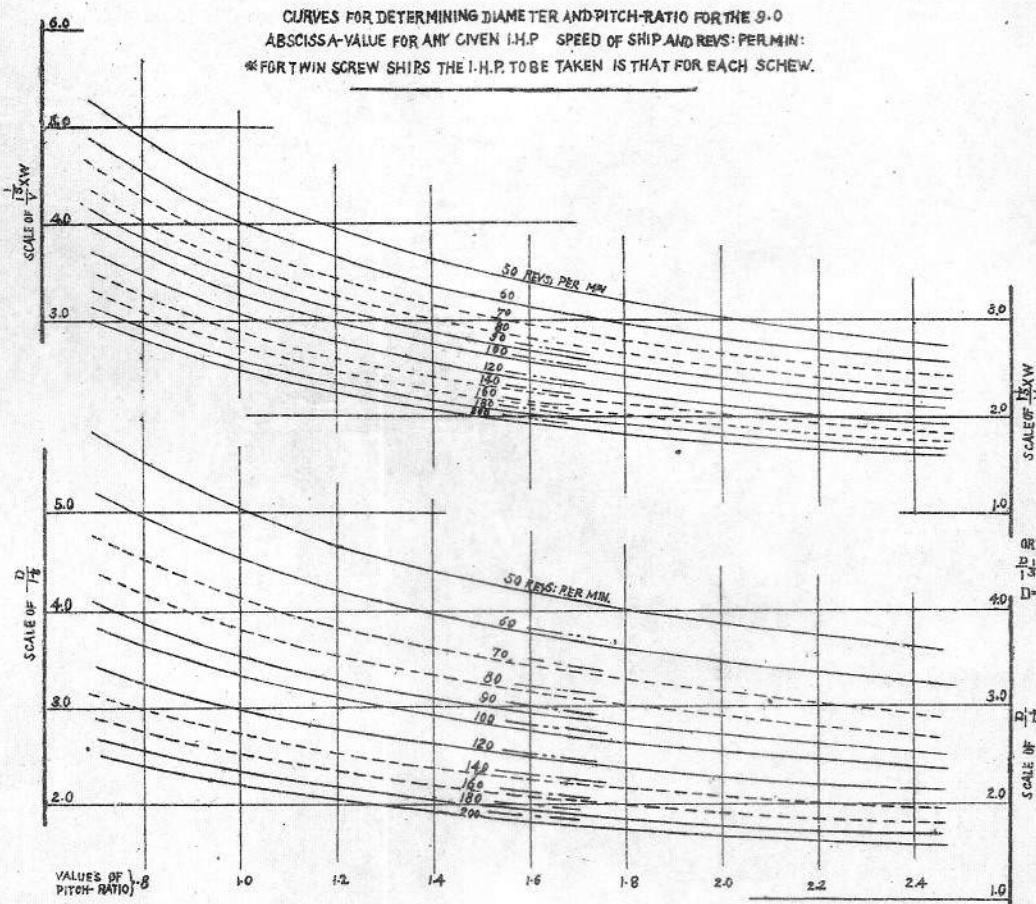


FIG. 6.

ORDINATES OF CURVES SHOW VALUES OF $\frac{D}{W}$ AND $\frac{V}{W}$ WHERE V =SPEED OF SHIP IN FEET OF KNOTS
 D =DIAM-IN FEET, W =MULTIPLIER OF WAKE (SEE FIG. 8)

PLATE XXIX.

FIG. 7.

CURVES SHewing VALUES OF $\frac{1}{6}$ (TO BE USED IN FIG. 6.)
FOR ANY GIVEN I.H.P.

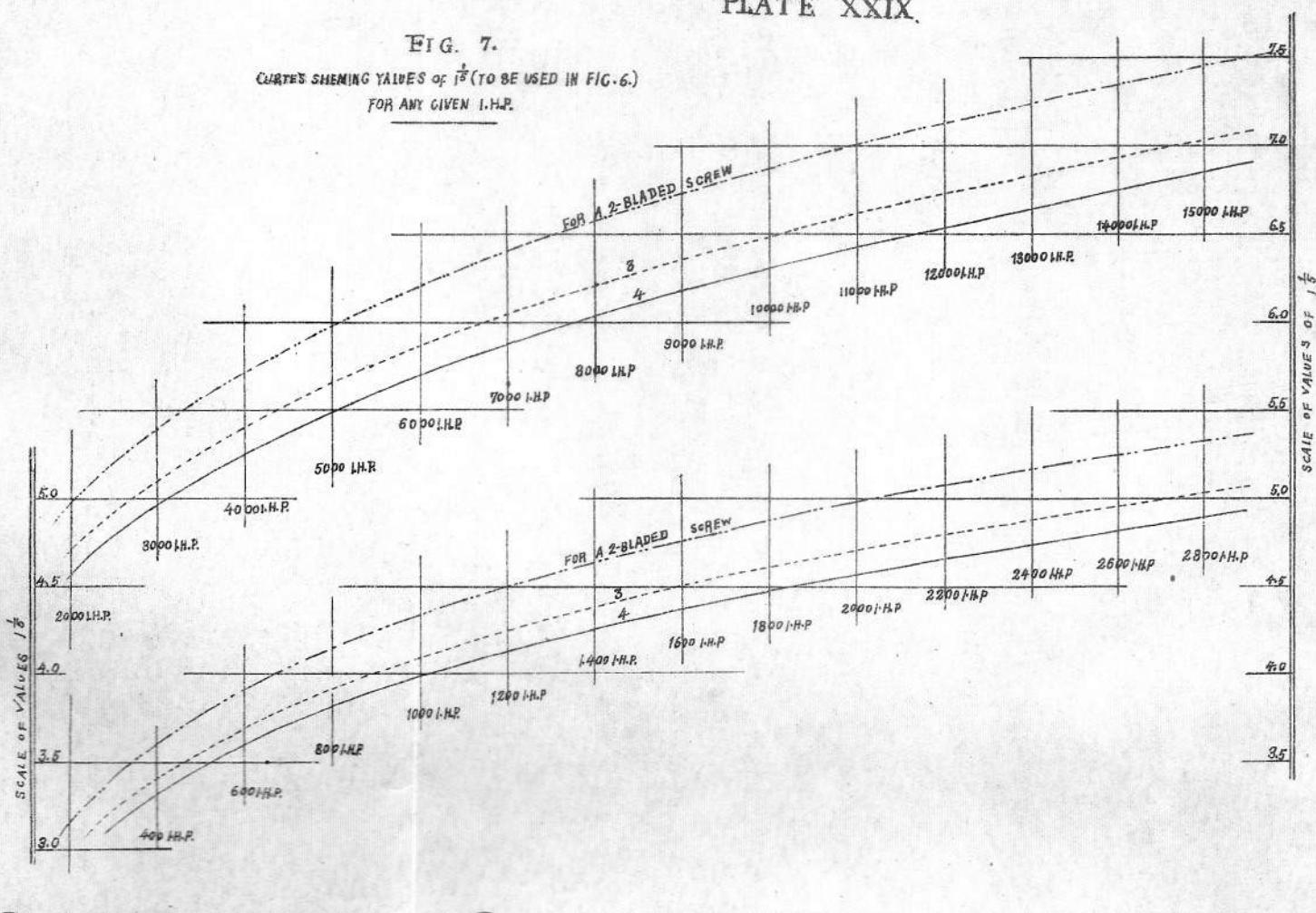
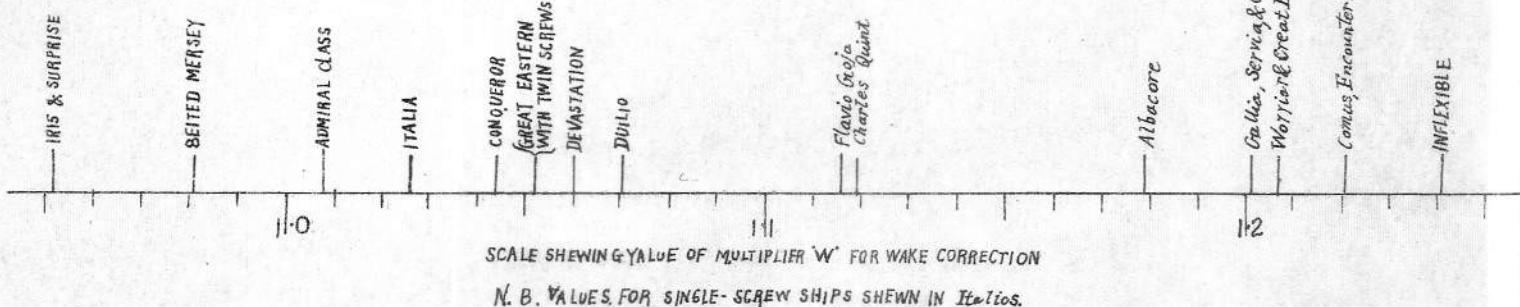
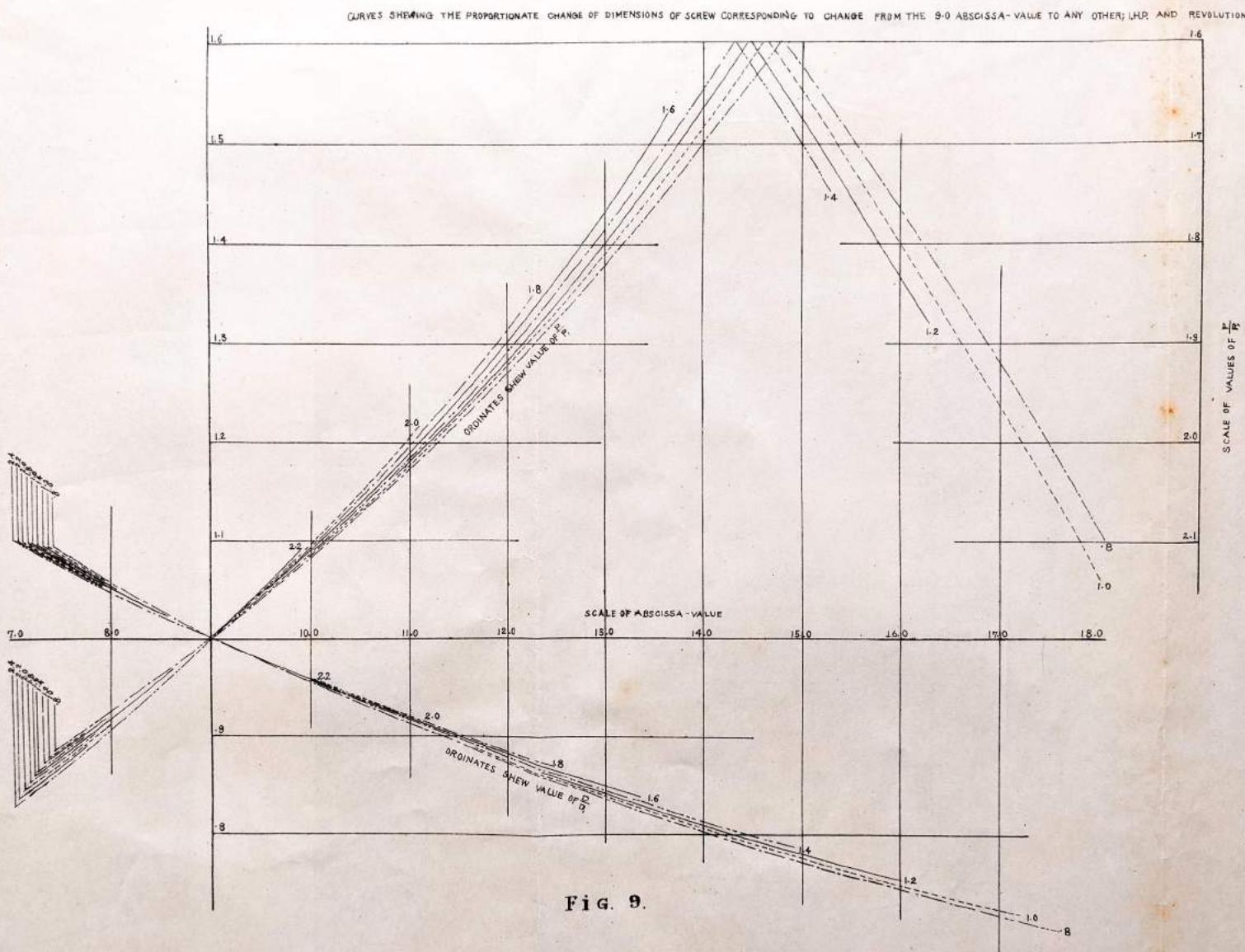


PLATE XXVII.

FIG. 8.





NS PER MINUTE REMAINING CONSTANT.

NOTE

D = Diameter for 9.0 abscissa value

P = Pitch-Ratio for - do -

D = Diameter for abscissa-value denoted by reading on
abscissa scale of diagram.

P = Pitch-Ratio - do - - do -

The figures attached to the curves are the values of P ,
for which the curves are severally correct.

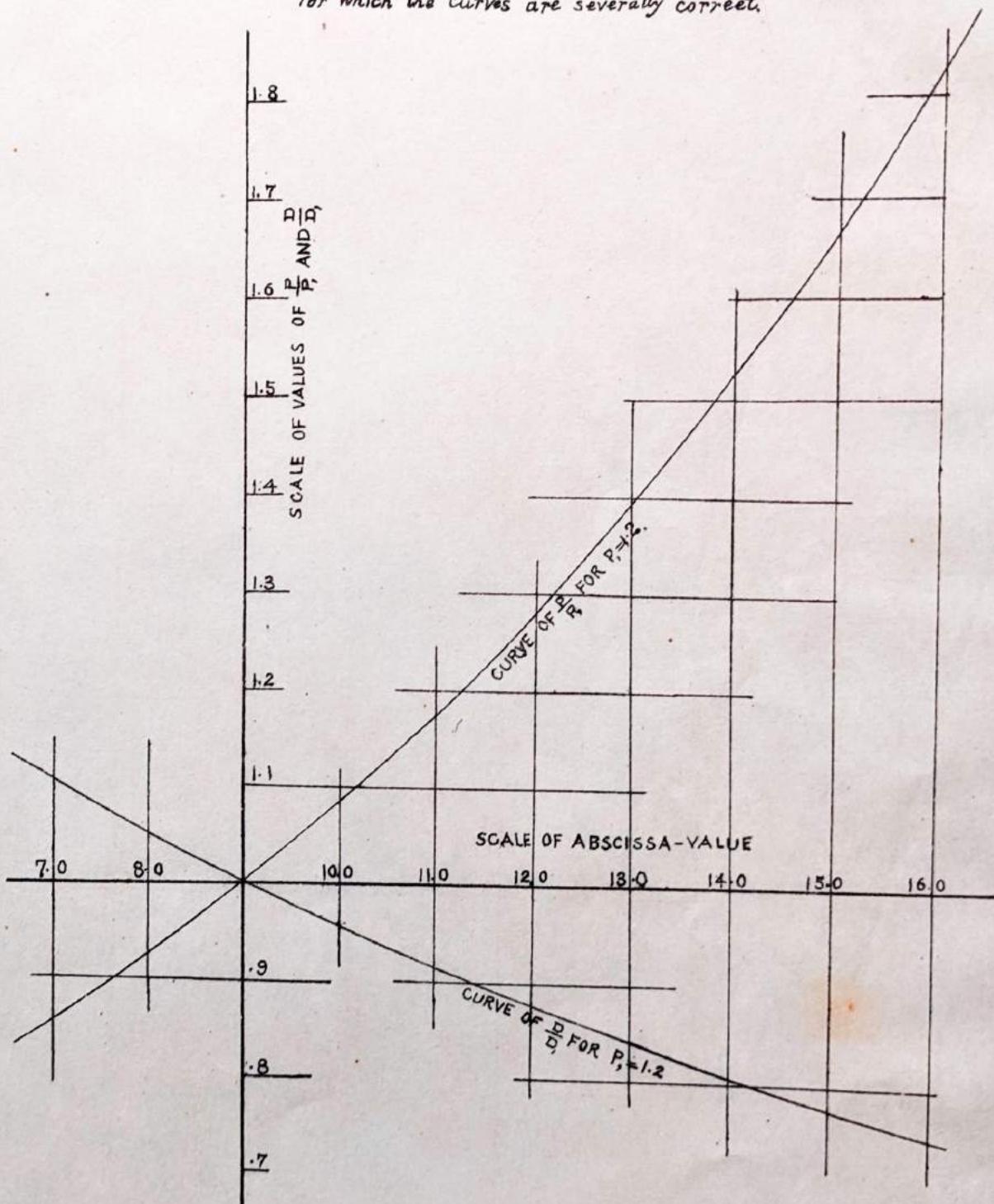


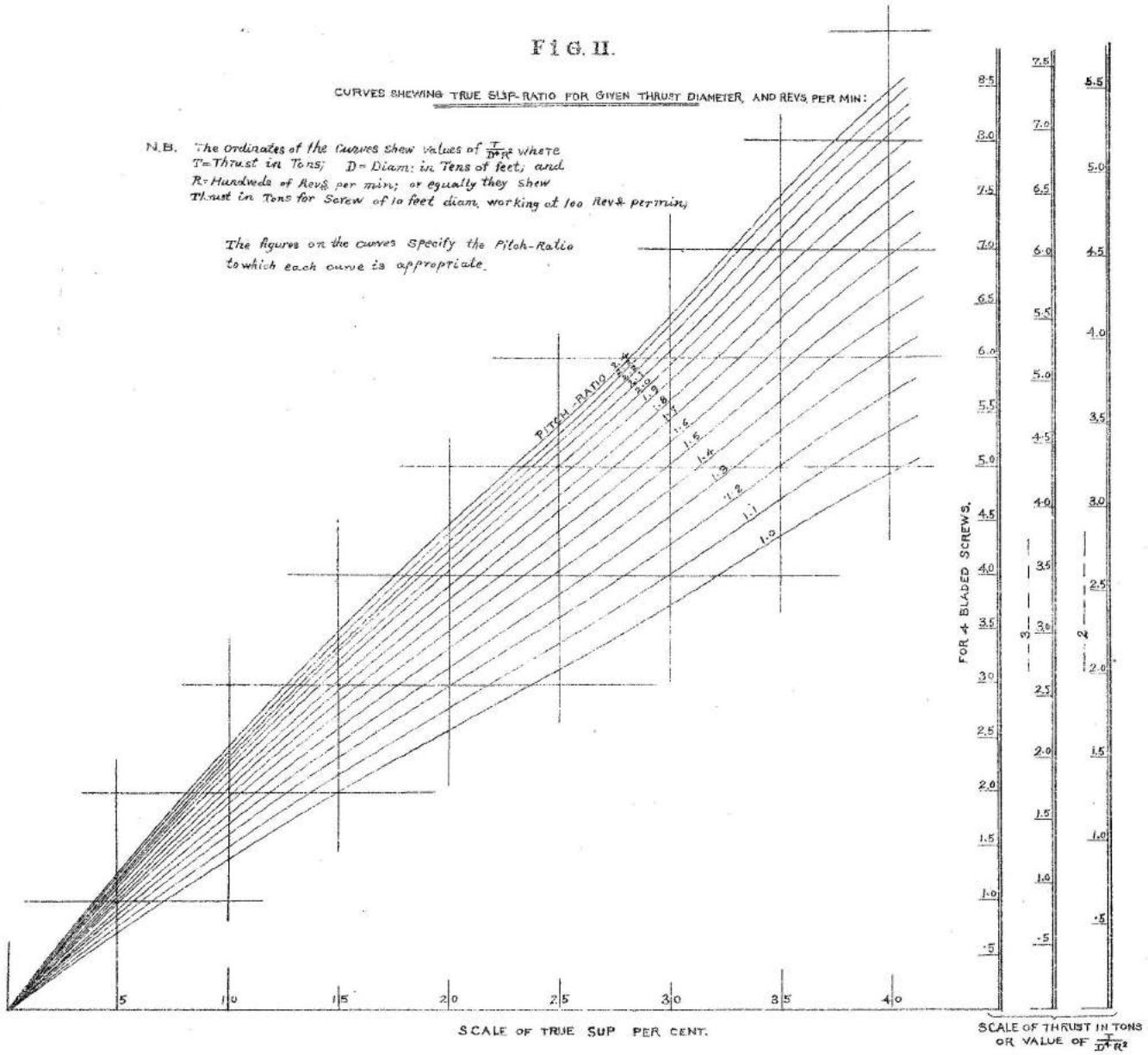
FIG. 10.

FIG. II.

CURVES SHOWING TRUE SLIP-RATIO FOR GIVEN THRUST DIAMETER, AND REV'S PER MIN:

N.B. The ordinates of the curves show values of $\frac{T}{DR^2}$ where
 T =Thrust in Tons; D =Diam. in Tens of feet; and
 R =Hundreds of Rev's per min; or equally they show
 Thrust in Tons for Screw of 10 feet diam. working at 100 Rev's per min.

The figures on the curves specify the Pitch-Ratio
 to which each curve is appropriate.



○更ニ模型螺旋推進器實驗ノ結果ニ就テ

此論文ハ「アール、イー、フルード」氏カ一九〇八年英國「ロンドン」造船協會例會ニ於テ朗讀セルモノナリ。原文

、Results of further model screw propeller experiments

ト題シ同協會報第五十卷ニアリ。

第一章、實驗ノ一般範圍。

一、此論文ニ於テ論ズル模型螺旋推進器ニ關スル實驗ハ、一八八四年

「トルケー」(Torquay)ニ於テ施行セシ實驗ノ擴張ニシテ、且一八八

六年(造船協會會報第二十七卷三百五十頁)余ガ此協會ニ致セル論文ニ關係ヲ有ス。此實驗ハ以前ニ行ヒタル實驗ノ全部ヲ含ミ、且多クノ新方面ニ亘レル事項ヲ、多少改良セラレタル方法ニテ——少クトモ現今ノ條件ニ適スル範圍ニ於テ、——施行シタルモノナレバ、其結果ハ昔日ノ實驗ノ結果ニ優レルモノト云フベシ。

二、此實驗ノ範圍カ、以前ニ行ヒタル實驗ノ範圍ヨリ優レル主要ナル點ハ次ノ如シ、

第一、螺距比ノ低キ值ヲ含ムコト、(同時ニ以前ノ實驗ニ含マレタル最高值ハ除カレタリ)、是レ全ク其現今實用上ノ範圍外ニアルヲ以テナリ)。

新實驗ニ於テハ、螺距比ヲ下方ニ擴張セルタメ、之レガ効率ニ影

響スル主要ナル因數トナレリ、是以前ノ實驗ニ於ケル範圍以下ニ於テハ、螺距比カ効率ニ重要ナル影響ヲ有スルヲ以テナリ。

第二、三翼螺旋ガ四翼螺旋ト並ビ試験セラレタリ。(以前ノ實驗ニ於テハ螺旋ノ模型ハ總テ四翼ナリキ)。

第三、以前ノ實驗ニ於ケル翼幅比例ヨリ、殆ンド其二倍ニ至ル翼幅比例ノ變化ニ就テ試験セリ。

第四、以前ノ實驗全部ニ用ヒタル橢圓形螺旋ニ加フルニ、末廣型(Wide tip pattern)ヲ以テシ、螺旋形狀ノ差異ニ關スル實驗ヲ行ヘリ。

螺旋ノ輪廓、截面等ハ第十八版第一圖乃至第四圖ニ示シタリ。實驗セル一族ノ模型螺旋ニ關スル他ノ詳細事項ニ就テハ、附記第一ヲ參照スベシ。

第二章、實驗ノ方法、及び其一般條件。

三、實驗法。實驗ハ「インオトブン」("In Open")ノ螺旋條件ト稱セラル。普通ノ法ナリ、即攪亂セラレザル水中ニ於テ(即其前方ニ模型船ヲ附ケズニ)車軸ノ前端ニ螺旋ヲ附シ、全體ヲ一定ノ毎分回轉數ニテ回轉シテ推力、及回轉力率ヲ測定スルナリ。各螺旋ニ關スル各組ノ實驗ニハ、同一速度ニ於テ失脚比ヲ異ニシ、凡ソ二十回程疾走ス、而シテ此中ニハ、實驗機ノ一定ノ抵抗ヲ逐出スタヌ、螺旋ヲ附ケスシテ、實驗ノ始メ終ニ一二回疾走ヲナスモノヲモ含ム。一

組ノ實驗ヲナスニ、毎日ノ午時ニ、凡ソ二時間半ヲ要ス、其前後ニハ車軸ヲ停止シ、螺旋ノ代リニ「タービン」式制動動力計 (Turbine brake dynamometer) ヲ附シテ授動裝置作用中ノ摩擦 (Working friction) ヲ測定ス。

四、螺旋ノ直徑。皆・○八呎ノモノヲ用ヒタリ。(舊實驗ニ於ケル○。六八呎ニ對シ)。

五、水面下沒入(車軸ノ中心迄)。皆・○・六四呎トシタリ。(即直徑ノ○・八倍ニシテ舊實驗ニ於ケルト同様ナリ)。

六、前進速度。毎分時三百呎トセリ。(舊實驗ニ於ケル毎分時二百六呎ニ對シ)之レ授動裝置ヲ過歪スルコトナクシテ、所要ノ失脚比ヲ得ベキ最高速度ナリ。

七、螺旋ノ轂 (Poss)。總テノ螺旋ニ其通トシ、(第四圖參照)且實用上出來得ル限リ小ニシタリ。(吾人ノ模型螺旋ニ於テハ通常此ノ如クス)。通常ノ大形轂ニ關シ、特種ノ實驗ヲ行ヒテ、其影響ノ大ナルヲ見タリ。其原因ノ一部ハ轂ノ抵抗ナルベキモ、毎分時回轉數ノ增加セル場合ニハ、流線作用 (Stream line action) アルガ如シ、然レドモコレ等ノ影響ハ、共ニ船ニ於テ螺旋ノ直前ニアル支面、即車軸管 (Shaft tubes) ノ影響ト、密接ナル關係ヲ有スルヲ以テ、吾人ノ實驗ニ於ケル如ク、車軸管等ノナキ場合ニアリテハ、可及的轂ヲ小ニスルガ最モ可ナルベシ。

八、螺旋ノ歪背 (Skew back)。各組ノ制規實驗ニ用ヒタル模型螺旋ハ、歪背ヲ有セス、而シテ動方ノ方向ト十五度ノ角ヲナス歪背ヲ有シ、他ノ點ニ於テハ制規實驗ノ四*ツノ螺旋ニ相似ナル模型ニテ、四組ノ附加的實驗ヲナシ、歪背カ著シキ影響ヲ有セザルヲ知レリ。
*〔附記第一ヲ參照セヨ。コレ等四個ノ歪脊螺旋ハ、一般ニ、表ニ於ケル七號、八號、九號、及ビ三十一號螺旋ニ相似ナリ〕。

第三章、解析及ビ整齊。

九、基本。此實驗ガ舊實驗ト異ル點ハ、實ニ其結果ノ解析、及ビ整齊組織ニアルナリ。翼幅、及ビ螺旋形狀ノ變化ニ對スル條件ノ入レルコトト、螺旋比ガ効率ニ重大ナル影響ヲ有スルモノト認メラレタルコトハ、必然的ニ何レノ場合ニモ或變化ヲ起サシメ、尙舊實驗ノ結

果ヲ研究セル間ニ、余ハ螺旋ノ直徑、及ビ螺旋比ガ如何ニ變ズルモ、其推力ノ毎分時回轉數ニ對スル關係ヲ、圖又ハ表ヲ用フルコトナク、簡単ナル公式ヨリ計算シ、ヨク調和ヲ保チ得ベシトノ考ヲ出セリ。十、假リニ結果ヲ此ノ如キ形ニ整理シ得ル便ナシトスルモ、實驗ノ結果ニ諸點ニ曲線ヲ通シテ (Fairing) 圖式的ニ調和セシムルヨリハ、單ニ諸點ニ曲線ヲ通シテ (Fairing) 圖式的ニ調和セシムルニ、出來得ベクハ勿論、少クトモ或近似理論的ニ適合スル數學式ヲ用ヒシコトヲ欲ス。サテ各模型螺旋ノ實驗ヨリ得タル推力、及ビ効率曲線ノ一組ヲ解析スルニハ、最初其基礎ヲ毎分時回轉數ニテ表サレタ

利ナルコトヲ知ルミシ。即、若モ吾人ガ毎分時回轉數 R_0 。(推力零ニ

$$(1-S) = \frac{V}{RP}$$

對スル)ニ於ケル毎回轉前進距離 $P = \frac{V}{R_0}$ ヲ、螺距ノ記號的計量トシテ用フルコトトシ、且回轉數 R_0 ニ於テ推力ガ零ナル場合ニ對シテ $a^2 \cdot a R_0^2 = b R_0$ ナル關係ヲ得ルヲ以テ、 a 、 V 及ビ P ナル項ヲ以テ

係數 b ヲ逐出シ得ベシ。今單位直徑(直徑 $= D = 1$)ヲ有スル特種設計ノ螺旋ニ對シ、係數 a ガ正確ニ測定セラレタルモノト假定セバ、吾人ハ上記ノ方程式(1)ヨリ、推力 T ニ對シ次ノ何レカノ方程式ヲ得

ムシ。

$$T = \frac{a}{P^2} D^2 V^2 \frac{S}{(1-S)^2} \quad (2)$$

$$T = a D^2 R_0^2 S \quad (3)$$

シヨリ $P = \frac{P}{D}$ 即、螺距比ニシテ、 S ハ通常ノ失脚比、即、 $\frac{R-R_0}{R}$

ナリ。此二式ノ中、前者ハ推力ヲ、速度、及ビ失脚比ノ項ニテ表シ、

恐クハ最モ容易ニ了解シ得ベク、後者ハ計算ニ一層便利ナル形ナリ。

○〔第十條ノ方程式(1)〕ニ於テ、 $b = a R_0$ ヲ代入スレバ

$$T = a R^2 - a R_0 = a R^2 \left(1 - \frac{R_0}{R}\right) = a R^2 S$$

ヲ得ベシ、而シテ之レハ單位直徑ニ對スル式ナリ。」定ノ設計ノ

螺旋ニ於テ、面積ハ直徑ノ平方ニ從テ増加シ。一定ノ回轉數ニ於

テ、單位面積ノ推力ハ、速度ニヨリ影響セラル故ニ、上記ノ方程

式(3)ヲ得ベシ。次ニ

ナルコトヲ記シ、方程式(3)ノ R ニ代入スレバ

$$T = a D^2 V^2 \frac{D^2 S}{P^2 (1-S)^2} = \frac{a}{P^2} D^2 V^2 \frac{S}{(1-S)^2}$$

ヲ得ベシ。

注意—模型螺旋ノ試験結果ニ於テハ、 V ハ毎分時百呎ヲ單位トシ R ハ毎分時回轉數百ヲ單位トセリ」。

十四、一定ノ設計ニシテ或寸法ヲ有スル螺旋ニ對シ、コレ等ノ公式ノ何レカヲ用ヒテ、其一定ノ速度、及ビ回轉數ニ相當スル推力ヲ定メシニハ只設計上ノ主要成分、即チ(第一)螺旋比(Second)様式(Type)及ビ翼幅ノ比例等ノ差異ニヨリ影響ヲウカル係數 a ヲ測定スレバ可ナリ。

十五、コレ等二種ノ主要成分ノ影響ハ、互ニ獨立ナルモノト考ヘ得ルコトヲ發見セリ、而シテ(第一)ニ關シテハ、 a ガ $P(P+2)$ ニ比例スルモノト考フルガ最モ正確ナルガ如シ。(第二)ニ關シテハ、螺距比ノ變化ニ對シテ定數ナル $\frac{a}{P(P+2)}$ ナル値ヲ「螺旋因數」("Blade factor") B ニテ表ハスコトセん。其目的ハ所謂推進器ノ推進容量(Thrust capacity)ガ、橢圓型三翼、末廣型三翼、又ハ橢圓型四翼等ノ螺旋ノ様式ニ關係ヲ有シ、尙コレ等各ノ様式ノ内ニ就テモ、其螺旋ノ翼幅比ニ關係ヲ有スルコトヲ示サンガタスナリ。コレ等ノ變數

= 關係アル螺旋因數Bノ値ハ實驗ニヨリ測定セラレ、圓盤面積比(Disc area ratio)、即全螺旋面積ノ圓盤面積ニ對スル比ニテ示サレタル翼幅比ヲ横坐標トシ(附記第一ノ最後ノ數行ヲ參照スベシ)、上記ノ三種ノ型式ニ夫々相當スル三本ノ曲線**ノ堅坐標トシテ示セリ。(第十八版第五圖參照)。

**

[附記第二]ニ示セル計算シタル「B」堅坐標ヲ參照セヨ。船ノ計算

= 使用スルニ便ナルタメ、清水ニ於ケル模型實驗ヨリ得タルBノ

值ヲ、海水ニ於ケル其値ニ改算シテ此表、及ビ曲線ニ示シタリ]。

十六、同時ニ(1)ナル公式ガ、回轉數ニ對スル推力ノ變化ヲ正確ニ表ス

ヤ否ヤヲ検査センガタメ總テノ螺旋推進器ノ各ヲ、一族ノ種々ナル

失脚比ニテ試験シ、其推力ヲ公式ヨリ計算シテ得タル推力ニ、注意

シテ比較セリ、而シテ其結果、推力公式ニ修正ヲ加フル要アルヲ認

メ、其右側=1.02(1-.08S)ヲ乘ズルコトセリ。此修正ヲナシ、

且 α ヲ螺旋因數Bニテ置換スレバ、第十三條ニ於ケル(2)ナル方程式

ハ、最後ニ次ノ如キ推力ノ公式トナルベシ。

$$T = D^2 V^2 P + 21 \cdot 1.02 S (1 - .08 S) \quad (4)$$

十七、計算ヲ容易ナラシメンガタメ、失脚比 s ヲ代表スル量タル速度

ニ關シテノ回轉數、及ビ螺旋距 λ 基線($=x$)トシ、其上ニ上式ニ於ケ

ル最後ノ因數(S ノ α 合ム)ヲ計算シ、之ヲ堅坐標($=y$)トシテ

一ツノ曲線ヲ引キタリ。第六圖ニ示セラレハ此曲線ニシテ、通常此レ

ヲ「xy」曲線ト稱ス。船ノ螺旋計算ニ便ナルタメ、此曲線ノ計算ニ用ヒタル數係數ハ、速度Vヲ浬ニテ、回轉數Rヲ百ニテ、直徑Dヲ呎ニテ示シタル時ニ、惟力ノ代リニ「推力馬力」(即 THP = H)カ直チニ得ラルル如ク撰バレタリ。此ノ如クスンバ、吾人ハ x 、及ビ y ノ式トシテ次ノモノヲ得ベシ×、

$$x = \frac{R p D}{V} \left(= \frac{1.0133}{1-S} \right) \quad (5)$$

$$y = \frac{p}{B(p+21)} \cdot \frac{H}{D^2 V^3} \left(= .0032162 \frac{S(1 - .08 S)}{(1-S)^2} \right) \quad (6)$$

×[x]ノ式ニ關シテバ

$$1.0133 = \frac{6.08}{6} = \text{速度(毎分倍百呎ノ単位ニテ)} / \text{速度(浬ノ単位ニテ)}$$

y ノ式ニ關シテハ第十六條ノ方程式(4)ヨリ

$$\frac{T}{D^2 V^2} \left(= \frac{TV}{D^2 V^3} \right) = B \frac{p+21}{p} \cdot \frac{1.02 S (1 - .08 S)}{(1-S)^2}$$

次ニVヲ毎分時百呎ノ單位ヨリ(第十三條ノ註[◎]ヲ見ヨ)浬ノ單位ニ變シ、且TV \propto Hニ變ズレバ此式ハ次ノ如クナルベシ、即

$$\frac{H}{D^2 V^3 \left(\frac{101.33}{100} \right)^3} \cdot \frac{p}{B(p+21)} = \frac{1.02 S (1 - .08 S)}{(1-S)^2}$$

即

$$\frac{H}{D^2 V^3} \cdot \frac{p}{B(p+21)} = .0032162 \frac{S (1 - .08 S)}{(1-S)^2}$$

十八、効率。吾人ハ次ニ効率ノ算出法ヲ考ヘザルベカラズ。螺旋比

ニ對シテ効率ガ變化スルヲ以テ、此場合ニハ一八八四年ノ實驗（一八八六年ノ論文）ニ於テナセシ如ク、只一つノ効率曲線ノ元ニ總テノ結果ヲ綜合スルコトハ不可能ナリ。故ニ第十九版第六圖ニ示セル如ク便宜ナル一族ノ完數（Round number）螺距比ニ計對シテ一族ノ効率曲線ヲ得、之レヲ「 πy 」曲線ノ α ノ基線上ニ畫クヲ要ス。

之レ等ハ橢圓型三翼螺旋ノ基本圓盤面積比○・四五ナルモノニ對シテ正確ナリ、他ノ様式、又ハ圓盤面積比、或ハ其雙方ガ共ニ異レル場合ニ對シ之等ニ修正ヲ加フルニハ、未廣型三翼ニ對シテハ○・〇二〇、橢圓型四翼ニ對シテハ○・〇一一五丈効率ヲ全體ニ減ズルヲ要ス、並ニ、問題タル圓盤面積比、及ビ螺距比ニ適應スル修正ヲナスニハ、第十八版第五圖ノ効率修正曲線ノ堅坐標ノ示ス所ニ從テ、其圓盤面積比ヲ低下セシムルヲ要ス。

廿〔混亂ヲ避ケンガタメ、此圖表、及び第十九版第七圖ニ於ケルモノハ、省略セル一族ノ螺距比ニ對スル曲線ヲ示ス。螺距比ノ全部ニ對シ、所要ノ總テノ曲線ノ堅坐標ハ、計算シテ附記第二ニ與ヘタリ〕。

十九、効率曲線ヲ與ヘラレタル螺距比ノ中間ニ位スル螺距比ニ對スル効率ハ、補間法（Interpolation）ニヨリ見出スルヲ得ベシ、然レドモ實際ニ起ル殆ンド總テノ場合ニアリテハ、各列ノ曲線ガ甚シク接近セルヲ以テ、補間法ハ肉眼ヲ以テ容易ニ行フヲ得ベシ。

二十、前述ノ完數螺距比ニ對スル効率曲線ノ一組ハ、第九圖ニ示セル横斷曲線（Cross curve）ヲ用ヒテ、第二十版第八圖ニ與ヘタル如キ、四種ノ螺距比ニ就テ實驗上得タル、其効率曲線ヨリ、見出スルを得ベシ。第八圖ニ於テハ單位失脚比ニ相當ヘル曲線迄、及ビ第九圖ニ於テハ螺距比ノ零ニ相當スル曲線迄與ヘラレタリ。何レノ場合ニアリテモ之等ハ勿論實驗ノ與件ノ制限ヲ超ヘタルモノナルガ、之ハ與件ノ制限内ニアル曲線ノ方向ヲ導ク補助トナサンガタメニ行ハレシ所ナリ。此ノ如ク曲線ノ範圍ヲ擴張シ、且曲線全體ヲ均齊（Evening）スルニ方リ、實驗的與件ニテ判斷シ得ル範圍以外ノ疑問ノ點ハ、余ガ附記第三ニ註解シ、且第十圖、及ビ第十一圖ニ示シタル如キ理論的ニ計算シテ得タル曲線ヨリ考察セリ。

二十一、設計法。試運轉ニ於テ、其一定ノ螺旋寸法、一定ノ毎分時回轉數、速度ニ對スル推力馬力、及効率ヲ測定スレバ、「 πy 」曲線、及び之ニ伴フ効率曲線ヲ用ヒテ試運轉ノ結果ヲ完全ニ分解スルヲ得ベシ。然レドモ設計ニ於テハ、一般ニ與ヘラレタル馬力、回轉數、及ビ速度ニ對シテ適當ナル螺旋ノ寸法ヲ計算スルヲ要ス。即直徑ガ未知數トシテ α ニモ、 y ニモ入リ來ルヲ以テ、困難ヲ生ズ。故ニ設計ノ目的ニハ。第七圖[◎]ノ如キ曲線ヲ與ヘタリ、此等ノ曲線ノ橫坐標 C_4 ハ、單ニ已知ノ馬力、回轉數、及ビ速度ヨリ定マリ、ソレニ相當スル堅坐標 C_1 ハ、同ジ已知ノ項ヲ以テ、未知ノ直徑ヲ定マベシ。

之レ等ニツノ値ニ對スル式ハ次ノ如シ、

「 xy 」曲線ト異リ、此曲線ハ螺距比ト共ニ變化ス、故ニ其一組ノ螺距比ニ對シ、「 xy 」曲線ニ伴フ効率曲線ノ一組ノ如ク、一族ノ曲線ガ示サレタリ、此効率曲線ノ一族ハ、尙C。₄ノ曲線ニ伴フタメ、C₄ヲ基線トシテ表サレタリ。

〔 $\frac{dy}{dx}$ 〕曲線ハ設計ニ應用シ得ベシト雖モ、次述ノ如キ不便アリ、即若モ p ノ値ヲ撰ビタリトスレバ、一組ノ撰ビ取リタル x ノ値ガ、ソレニ相當スル y ノ値ト共ニ、方程式(5)ニ於テ R ト V ヨリ、 D ノ相當スル値ヲ定メ、從テ方程式(6)ニ於テ V ト H ヨリ B ノ値ヲ定ム。即 p ノ一組ノ値ニ對シテ、 B ヲ基線トスル（又ハ推進器ノ面積ヲ採ルヲ得）、 D ノ曲線ヲ得ベシ。此所ニ主トシテ困難ヲ感ズルハ、撰ビタル p ノ値ニ對シ、 B ヲシテ實驗上ノ範圍ヲ超ヘシメザル x

〔第十八條ノ註×ヲ参照スペシ〕。

二十二、螺距比ヲ未知量トシテ考フルコトハ、實用上不可能ナリ、吾人ガ之等ノ與件ヲ利用スル通常ノ法ハ、曲線ニテ表ハサレタルニツ
以上ノ螺距比、及ビニツ以上ノ圓盤面積比ノ各ニ對シ、直徑、及ビ

効率ヲ得、而シテ之等ヲ全螺旋面積ノ基線上ニ畫クニアリ。此ノ如クシテ任意ノ中間ニ位スル螺距比ニ對シ、其直徑、及効率ヲ得ルナリ。

「圓盤面積比ニハ穀ニ對スル修正ヲナサズ輪廓中ノ全面積ヲ採リタリ。(附記第一ヲ參照スベシ)。船ノ螺旋ノ全螺旋面積ヲ直徑、及圓盤面積比ヨリ計算スルニ方リ、穀ニヨリ蔽ハレタル部分ノ面積ノ差引ヲナスヲ要ス、「ハズラ」ニ於テ一般ニ行フ此差引ハニ十「バーセント」ナリ。

一十三、形式的螺距 (Nominal Pitch)。—此所ニ記述セル分解、及ビ整齊組織ニ於テ、螺距比 P 、及ビ失脚比 S ニ對スル螺距 P ハ、推力零ナルトキノ毎回轉前進距離ニ等シト考ヘラレタリ、換言スレバ、推力零ナルトキノ回轉數ガ、失脚比坐標軸ノ零點ニ對スルモノトシテ考ヘラレタリ。之等ノ與件ヨリ計算セル數字ト、船ガ實際ニ與ヘタル數字トヲ比較シテ次ノ如キ結論ニ到達セリ、即吾人ガ「解析上ノ螺距」("Analysis Pitch") ト稱シ、之等ノ計算ニヨリ得タル螺距、即螺距比 P 、船ノ形式的螺距 (又ハ作用面ノ螺距) ノ一・〇二倍ニ相當スルモノナリ。*

*〔現在ノ目的ニ對シテ、余ハ真ノ經驗上ノ結果ニヨリ推論スルコトトシ解析上ノ螺距ト模型螺旋製作上ノ螺距トノ間ノ關係ニ基礎ヲ有スル、種々ノ測定ニ據ラザルコトセリ。其理由ハ、此ノ如

キ目的ニ對シ、模型螺旋ノ螺旋型 (Pitch moulding) ガ十分精巧ナルヤ否ヤノ疑アルコト、及ビ船ノ螺旋ノ運動狀態ト、模型推進器

ノ實驗狀態トノ間ニ差異アルガタメニシテ、其或物ニ關シテハ第七條ニ於テ論シタリ」。

附記第一。

模型推進器ノ制規ノ一組ニ關スル詳細事項。

第三條乃至第八條ヲ參照セヨ。螺旋ノ輪廓、螺翼ノ横截面、及轂ノ形狀等ニ關シテハ第十八版ノ第一圖乃至第四圖ヲ見ヨ。橢圓型推進器ニ於テハ、翼ノ展露輪廓 (Developed outline) ガ橢圓ニシテ、其長軸 (Major axis) ハ推進器ノ半徑 r 等シク、翼幅比 (Blade width ratio) ト稱スルハ短軸 (Minor axis) ノ長軸ニ對スル比ナリ。末廣型推進器ノ展露輪廓ハ、同一ノ翼幅比ニ對スル橢圓型輪廓ノモノヨリ、任意ノ半徑 r ニ於ケル其幅ヲ次ノ式ニテ定メ得ベシ、即

$$\text{未廣型翼幅比} = \left(\frac{1}{2} + \frac{r}{R} \right)$$

ソニ R ハ推進器ノ半徑ヲ示ス。故ニ同一翼幅比ニ於テハ、未廣型ノモノモ橢圓型ノモノモ、其總面積ハ同一ナリ。

分析上ノ目的、及ビ圓盤面積比ト翼幅比(第十五條參照)トニ一定ノ關係ヲ保タシムルタメ、橢圓型モ未廣型モ、共ニ其轂ニヨリ蔽ハレタル部分ニ對シ修正ヲナサズ、

Results of Further Model Screw Propeller Experiments.

Appendix I.

Particulars of Regular Series of Model Propellers.

Type.	Three Bladed, Elliptical.											
Reference No.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Blade-width Ratio..	.4	.55	.7	.4	.55	.7	.4	.55	.7	.4	.55	.7
Disc Area Ratio....	.3	.413	.525	.3	.413	.525	.3	.413	.525	.3	.413	.525
Pitch Ratio ⁿ	885		1.09			1.315			1.53			
Type.	Three Bladed, Wide Tip.											
Reference No.....	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Blade-width Ratio..	.6	.8	1.0	.6	.8	1.0	.6	.8	1.0	.6	.8	1.0
Disc Area Ratio....	.45	.6	.75	.45	.6	.75	.45	.6	.75	.45	.6	.75
Pitch Ratio ⁿ	885		1.09			1.315			1.53			
Type.	Four Bladed, Elliptical.											
Reference No.....	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Blade-width Ratio..	{ .4	.55	.7	.4	.55	.7	.4	.55	.7	.4	.55	.7
Disc Area Ratio....												
Pitch Ratio ⁿ	885		1.09			1.315			1.53			

其輪廓内ノ全面積ヲ用ヒテ計算ヲ行ヒタリ。

〔即解析上ノ螺距ナリ、第二十三條參照〕

此所ニ與ヘタ

ル數字ハ、共通ノ

形式的ノ螺距、即

作用面ノ螺距ニ對シテ作ラレタル種

タノ螺旋ヲ分解シ

テ得タル其近似的

平均數ナリ。(甚ダ少シノ差異アリ)

附記第二。

x 、 y 、 C_A 、 B 、及ビ効率

曲線ノ堅坐標ノ表。(第

十五條、第十八條、第二

十一條及第十八版ト第

十九版ノ第五圖乃至第

七圖參照)

RESULTS OF FURTHER MODEL SCREW PROPELLER EXPERIMENTS.

Appendix II.

Tabulated Ordinates for Curves of x , y , C_A , C_o , B , and Efficiency.

[See §§ 15, 17, 18, 21, and Figs. 5, 6, 7 (Plates XVIII. and XIX.).]

Slip Ratio.	x	y	Pitch Ratio. 8.			Pitch Ratio. 9.		
			C_A	C_o	Effcy.	C_A	C_o	Effcy.
0	1.013	0	0	0	0	0	0	0
.02	1.034	.000067	.003044	.001822	.130	.002148	.001627	.209
.04	1.056	.000139	.006598	.003791	.312	.004656	.003385	.341
.06	1.078	.000217	.010752	.005922	.406	.007586	.005287	.439
.08	1.101	.000302	.015595	.008230	.479	.011000	.007347	.511
.10	1.126	.000394	.021262	.010732	.531	.01500	.009583	.562
.12	1.152	.000494	.02789	.013451	.571	.019664	.012012	.600
.14	1.178	.000602	.035575	.016400	.601	.02510	.014644	.629
.16	1.206	.000720	.04459	.019618	.622	.031461	.017516	.650
.18	1.236	.000849	.05519	.02312	.639	.038948	.020648	.666
.20	1.267	.000989	.067528	.02695	.650	.047638	.024061	.675
.22	1.299	.001142	.082065	.031125	.655	.05790	.02779	.680
.24	1.333	.001311	.09916	.03571	.657	.06995	.031885	.680
.26	1.370	.001495	.11933	.040735	.655	.08420	.036370	.678
.28	1.407	.001698	.14314	.04627	.651	.10096	.04131	.673
.30	1.448	.001922	.17150	.05236	.647	.12098	.04675	.666
.32	1.491	.002169	.20510	.059092	.642	.14470	.05276	.659
.34	1.535	.002442	.24500	.06653	.635	.17284	.05940	.650
.36	1.583	.002745	.29296	.07480	.627	.20666	.06678	.640
.38	1.635	.003086	.35120	.08408	.618	.24772	.07508	.630
.40	1.689	.003457	.41986	.09420	.608	.29621	.084105	.618
.42	1.747	.003880	.50418	.10571	.596	.35570	.09439	.604
.44	1.810	.004354	.60700	.11861	.584	.42830	.10591	.590
.46	1.877	.004887	.73280	.13314	.570	.51710	.11890	.574
.48	1.949	.00549	.88750	.14959	.556	.62630	.13357	.558
.50	2.027	.006175	1.07960	.16823	.542	.76160	.15022	.543

號貳第錄附報會會協船造

RESULTS OF FURTHER MODEL SCREW PROPELLER EXPERIMENTS.

Slip Ratio.	Pitch Ratio 1.0.			Pitch Ratio 1.1.			Pitch Ratio 1.2.		
	C _A	C _o	Effey.	C _A	C _o	Effey.	C	C _o	Effey.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.02	.001573	.001471	.228	.001187	.001343	.244	.000919	.001237	.255
.04	.003410	.003061	.370	.002573	.002795	.394	.001991	.002574	.425
.06	.005557	.004781	.470	.004192	.004365	.493	.003244	.004020	.521
.08	.008058	.006644	.540	.006081	.006067	.563	.004705	.005587	.585
.10	.010986	.008666	.590	.008290	.007913	.612	.006416	.007288	.631
.12	.01440	.010860	.625	.010870	.009918	.648	.008408	.009133	.664
.14	.018378	.013240	.652	.013871	.012091	.671	.010736	.011136	.687
.16	.023045	.01584	.671	.01739	.014464	.690	.013455	.01332	.705
.18	.028522	.015670	.685	.021525	.017048	.703	.016658	.01570	.716
.20	.03489	.021758	.695	.026320	.01987	.711	.020378	.01830	.723
.22	.042405	.025130	.700	.03200	.022947	.715	.02476	.02113	.726
.24	.051235	.028831	.701	.038666	.026326	.715	.02992	.024245	.726
.26	.06186	.03299	.699	.046545	.030035	.711	.03602	.02766	.721
.28	.073965	.037358	.693	.055815	.034113	.705	.043195	.031415	.715
.30	.08861	.042275	.685	.06686	.03860	.696	.05175	.035555	.705
.32	.10600	.047703	.675	.07998	.043565	.685	.06189	.04012	.694
.34	.12657	.053715	.663	.09552	.049055	.672	.07393	.04517	.681
.39	.15138	.060391	.651	.11425	.05515	.659	.08822	.05078	.665
.38	.18150	.06790	.638	.13693	.06200	.643	.10596	.05709	.648
.40	.21700	.07606	.624	.16372	.06945	.628	.12670	.06396	.631
.42	.26050	.08536	.610	.19660	.07795	.610	.15210	.07178	.611
.44	.31370	.09578	.593	.23678	.08747	.591	.18320	.08054	.591
.46	.37865	.10750	.576	.28580	.09818	.573	.22115	.09041	.571
.48	.45870	.12078	.558	.34620	.11030	.554	.26788	.10157	.551
.50	.55800	.13584	.540	.42113	.12405	.535	.32585	.11425	.530

Slip Ratio.	Pitch Ratio 1.3.			Pitch Ratio 1.4.			Pitch Ratio 1.5.		
	C _A	C _o	Effey.	C _A	C _o	Effey.	C _A	C _o	Effey.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.02	.000726	.001147	.274	.000584	.001070	.285	.000475	.001003	.305
.04	.001573	.002386	.446	.001265	.002226	.465	.001033	.002087	.480
.06	.002563	.003727	.540	.002062	.003477	.558	.001684	.003260	.570
.08	.003718	.005180	.601	.002990	.004832	.616	.002442	.00453	.626
.10	.005068	.006756	.645	.004077	.006303	.656	.003329	.00903	.665
.12	.006643	.008468	.677	.005345	.007900	.686	.004364	.007406	.695
.14	.008479	.010323	.699	.006822	.009631	.707	.005571	.009029	.715
.16	.01063	.012350	.715	.00855	.011520	.721	.006984	.01080	.728
.18	.013159	.014555	.725	.010584	.013579	.732	.008642	.012728	.737
.20	.016091	.01696	.731	.012946	.015825	.738	.010570	.014832	.743
.22	.019571	.019590	.733	.015735	.018274	.740	.012848	.017131	.743
.24	.023635	.02248	.731	.019010	.02097	.737	.015522	.019655	.741
.26	.028448	.02564	.727	.022830	.02392	.731	.018685	.022422	.735
.28	.03412	.02912	.720	.027445	.02717	.722	.022414	.02547	.726
.30	.04088	.03296	.710	.032880	.030745	.712	.02684	.02882	.715
.32	.04890	.037195	.697	.03933	.03470	.701	.03212	.032524	.701
.34	.05839	.041875	.683	.046917	.03907	.686	.03835	.03662	.686
.36	.06982	.04708	.668	.05617	.04392	.669	.04587	.04117	.668
.38	.08371	.05293	.650	.06734	.04938	.650	.05497	.04628	.650
.40	.10008	.059295	.630	.08050	.05531	.631	.06574	.05185	.631
.42	.12015	.06654	.610	.09667	.062085	.609	.07894	.058195	.609
.44	.14470	.07467	.590	.11640	.06966	.588	.09506	.06530	.585
.46	.17465	.083805	.569	.14051	.07820	.566	.11475	.07330	.562
.48	.21155	.09416	.547	.17020	.08785	.544	.13900	.08235	.540
.50	.25735	.10590	.526	.20704	.09880	.521	.16910	.09262	.516

RESULTS OF FURTHER MODEL SCREW PROPELLER EXPERIMENTS.

B Values. [See § 15.]

Disc Area Ratio.....	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80
3 Blades, Elliptical..	.0978	.1020	.1050	.1070	.1085	.1100	.1112	.1124	.1135	.1147	.1167
3 Blades, Wide Tip..	.1045	.1097	.1126	.1148	.1166	.1182	.1195	.1207	.1218	.1230	.1242
4 Blades, Elliptical..	.1040	.1106	.1159	.1197	.1227	.1249	.1268	.1282	.1294	.1306	.1318

Bノ値（第十五條参照）

附記第三〇

理論的効率曲線。

第二十條ニ於テ述べ、第十圖、及ビ第十一圖

（第二十版）ニ示シタル曲線ハ、三ツノ異レル基礎ヨリ計算セリ。其中第一號ノ基礎ハ、或回轉半徑ニ於テ、其回轉平面ニ斜ニ置カレタル一小面積ノ、概算上ノ縁方抵抗、(Edgewise resistance) 及ビ垂直抵抗 (Normal resistance)

ノ、回轉、及ビ推力分力ヨリ得タル、「ウヰリアム・フルード」氏ノ一八七八年ノ論文（本協會々報第十九卷四十七頁）ノ解釋ニヨル。他ノ二ツノ基礎モ其原理ニ於テハ同一ナリ。（數學上ノ些細ナル差ハアレド）。然シ其平面、即螺旋翼ノ抵抗力ハ、數年前「ハズラー」ニ於テ行ヒタル、種々ノ角度 **ニ於テ斜ニ作用スル平面ニ關スル實驗ヨリ得タルモノナリ。第二號ノ基礎ニ於テハ、平面ハ卵形ニシテ薄ク、其緣周ハ對稱的ニ銳クセラレタリ。第三號ノ基礎ニ於テハ、螺旋翼（此ノ如ク稱スルガ妥當

ナルベシ）ハ矩形ニシテ、其前面ハ全ク平ニ、其背面ハ螺旋翼ノ如ク丸味ヲ有ス、而シテ其中央部ニ於ケル厚サハ、翼幅ノ十七分ノ一程ナリ。何レノ場合ニ於テモ、其長サハ幅ノ二倍ニシテ、且運動ノ方向ニ横置セラレタリ。

第二十版第十圖ニ於テ、第一號ト第二號トハ豫期セル如ク、稍近ク一致シタレドモ、第三號ハ失脚ノ大ナル域ニ於テ、他ノニット驚クベキ差アリ。此點ニ於テハ、第八圖 **ニ示サレタル螺旋實驗ノ結果ト一致スルヲ見ル。此事狀ハ、寧ロ次ノ如キ 理論上重要ナル點ニ歸著スベシ。

緣方抵抗ノ全クナキ螺旋ノ理想的ノ場合ニ於テ、換言スレバ此場合ニ於テハ回轉力率ガ單ニ推力ト同等ナル假設的速度 (Virtual Velocity) ニ等シクナルガ如キ場合ニ於テハ、仕事ノ全消費ハ失脚ナルベク、効率ハ常ニ $(1 - S)$ (S ハ失脚ナリ) ナルベシ。

此効率ハ第八圖及ビ第十圖ニ於クル直線 ZZ' ノ堅坐標ニテ示サレ、而シテ効率ノ理論上ノ極限ナリト考ヘラルヲ以テ、實際ノ螺旋ノ効率ハ其緣方抵抗ノ成分ノ存スルガタメ、之レヨリ多少劣レルモノト考ヘラル。然ルニ第八圖ニ示セル實際ノ螺旋ノ効率曲線ハ、三十「バーセント」ノ失脚ニ至ラザル以前ニ於テ、既ニ此線外ニ超越スルヲ見ル。

第二號、及第三號ノ基礎ニ對スル理論的曲線ヲ比較スレバ、此現象ハ明ニ螺旋翼ノ背面カ丸味ヲ有スルタメニシテ、且其タメニ螺旋翼力有効螺

距ヲ小ニセントスル傾キニ作用スル故ナルヲ示ス。(此ノ如クシテ(1-5)ノ線ト差ラ生スルナリ)。而シテ此有効螺距ヲ小ニセントスル傾ハ一定セザレドモ、失脚比力増スニ隨テ其著シク增加スル理由ハ、失脚ナキ時ノ影響ヲ、既ニ解析上ノ螺距(第十三條參照)ノ計算法中ニ加味セザルガ故ナリ。

第二十版第十一圖ニ於テ、第三號ノ基礎ニ對スル曲線ノ堅坐標ハ、次ノ如キ螺距比十二對シテ計算セラレタルヲ見ル、即チ、○・○五、○・一〇、○・一〇、○・三三、○・五〇、○・六六、一・〇、一・三三、一・六六、二・〇、二・四、是ナリ。

螺距比ガ零ナル所ニ於テ、其曲線ノ末端ガ基礎ニ切線的ニナルハ、理論ト一致スルナリ。何トナレバ極限ニ於テ、或毎分時回轉數ニ對スル回轉力率、及ビ仕事ノ消費量ハ一定ナリ、然ルニ一定ノ失脚比ニ對シテハ推力モ速度モ、共ニ螺距ニ從テ變ス、故ニ有効ナル仕事ハ螺距ノ平方ニ從テ變スレバナリ。

**「平面、即螺翼ヲ其通路ヨリ種々ノ角度ニ傾斜セシメテ試験シ、而シテ其分力ナル通路ノ方向ニ於ケル力R、及ビ其横力Lヲ測定シタリ。余ガ斯ノ如キ平面、即螺翼ヲ「リー・ボール」(Lee board)、「ハイドロプレーン」(Hydroplane)、舵及ビ推進器ノ翼等ノ如キ反動機(Reaction instrument)ノ一ツト考ヘタルトキニ、其効率ニ關シ次ノ如キ甚ダ簡單ナム解法ヲ得タルハ、「アルナルフ、マロック」(Arnulph

Mallock) 氏ニ負フ所ナリ。左圖ニ於テ OX ラ平面ノ通路(0 ヨリ X ノ方向ニ) de, ea ヲ夫々 R、L ナル力ノ大サ、及ビ方向ヲ示ス線トシ、其合力ヲ da トセヨ、而シテ之レガ通路ニ垂直ナル線トナス角ヲ γ ($= \text{deg}$) トス。若モ平面カ Ld ナル線ニテ示ス如ク、運動ノ方向ト α ナル角ヲナシテ作用スル動力ニテ動カサルモノトスレバ、力ノ三角形ヲ満足セシムルタメ、平面ハ有効ナル反動 ba ヲ生セザルベカラズ、而シテコレ等ノニツノ運動ノ方向ニ於ケル分力ハ、夫々 f_d , f_a ナリ、コレ等ノニツノ分力ニ對スル速度ハ同一ナリ、即平面ノ速度ト之ニ相當スル垂直ノ方向ノ分力トニハ變化ナク、彼テ勢力(Energy)ニモ變化ナキヲ以テ、効率ヲ次ノ如ク表スヲ得ベシ。

$$\text{効率} = \left(\frac{\text{有効反動 } ba = \text{ヨリナシタル仕事}}{\text{動力 } bd = \text{消費タル仕事}} \right) = \frac{f_e}{f_d} \dots \dots \dots (9)$$

平面即螺翼ヲ「ウカリアム、フルード」氏ノ解釋ニ於ケル如ク、或回轉半徑上ニ置カレタル螺旋推進器ノ一小部分トシテ考フル特別ナル場合ニ於テバ、bd, ba ノ方向ハ夫々回轉ノ平面、及ビ回轉軸ノ方向ニアルモノト考ヘザルベカラズ、然ラバ角 dba ハ直角ニシテ、

$$eab = bd^f = a \cdot \frac{b}{d}c = \frac{f^e}{f^d} + \text{误差}$$

シ
之レガ第二號及第三號ノ基礎ニ對スル曲線ヲ計算スルニ用ヒラルル式ナリ。尙微分法ニヨリ、(又ハ圖ヨリ簡單ナル幾何學的方法ヲ用ヒテ)、極大効率ニ對スル條件トシテ、次ノ式ヲ得ベキコトヲ注意スペ

並ニ「ウヰリアム、フルード」氏ノ一八七八年ノ論文ノ假設ニ於テ、
其 $\theta + \frac{K}{\theta}$ ナル値ハ、此論文ニ於ケルヤ、即 $\tan \gamma$ ト同等ナリ、何
トナレバ其論文ニ於ケル効率ヲ示ス方程式(4)ニ代入スレバ方程式
(9)ト同一式ヲ得ル故ニ。」

〔第八圖ニ於ケル曲線ノ末端ハ失脚比零ノ所ニアリ、然ルニ第十圖ニ於ケル曲線ハ失脚比零ノ所ニ終ラズ、之レ後者ハ表面ノ螺距ニ就テ計算ンタルニ對シ、前者ハ（第十三條參照）推力ガ零ナル場合ノ毎回轉前進距離ニ等シキ螺距ニ就テ計算シタルヲ以テ、失脚ガ零ナル場合ニハ効率モ必然的ニ零ナルヲ要ス」。

〔第十圖ニ於ケル理論的曲線ヲ引クニ用ヒタル螺距比ノ數字、及ビ之レニヨリテ第十一圖ニ表シタル螺距比ハ、通常ノ螺旋ノ平均直徑

ヲ、其所謂直徑ノ凡ソ三分ノ二ニ取リテ可ナリトノ考ニヨリ、平面、即螺翼ノ實際ノ通路ニ對スル螺距比ノ值ノ凡ソ三分ノ二トナシタ

Fig. 1.

ELLIPTICAL BLADES.
(DEVELOPED OUTLINES)

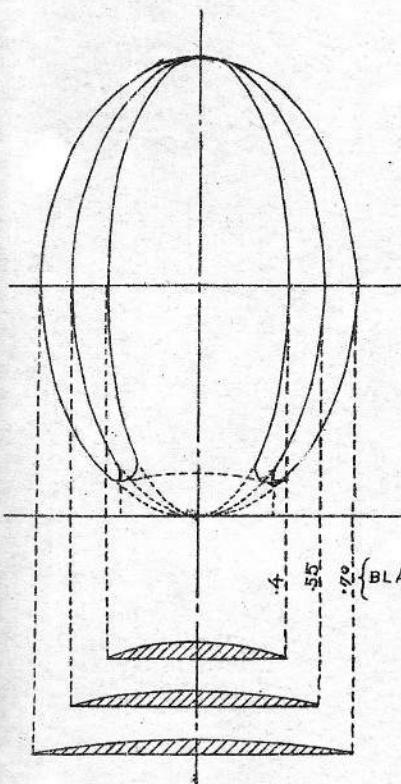


Fig. 2.

WIDE TIP BLADES.
(DEVELOPED OUTLINES)

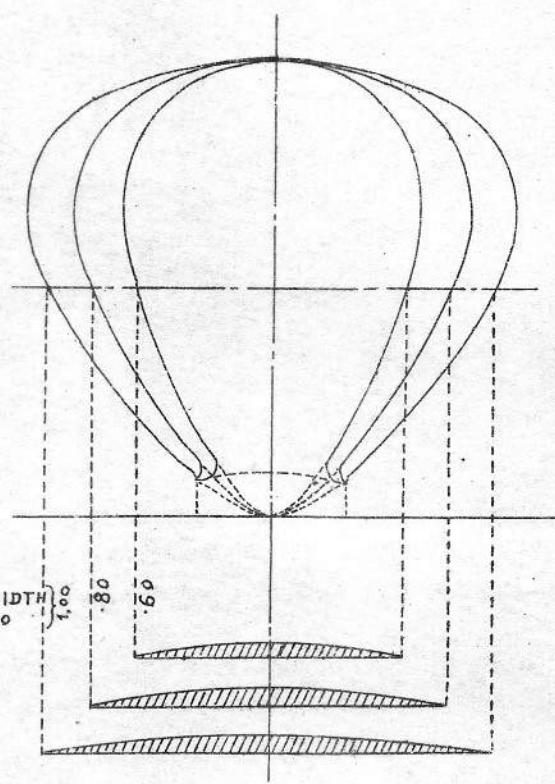


Fig. 3.

NORMAL SECTION.
ON MID LINES OF BLADES.

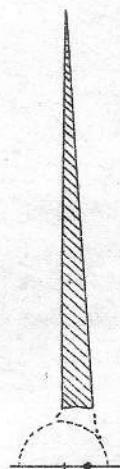


Fig. 4.

BOSS OF MODEL PROPELLERS.

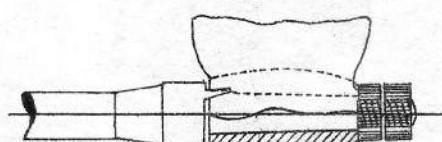
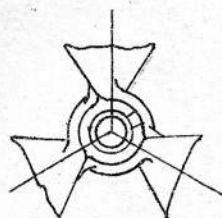


PLATE XVIII.

SCALE OF DECIMALS OF A FOOT.

0 .1 .2 .3 .4 .5

Fig. 5.

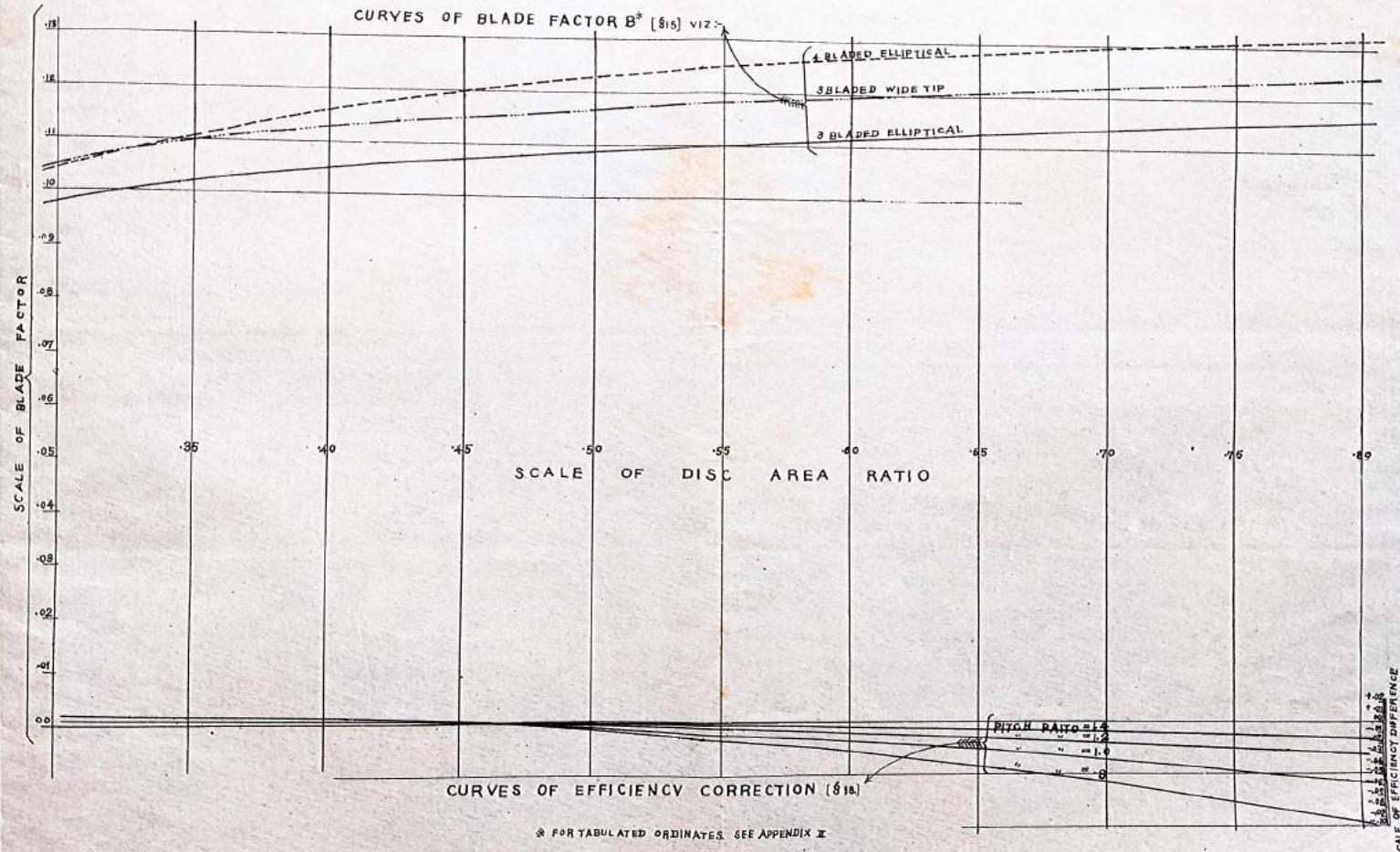


Fig. 6.

PLATE XIX.

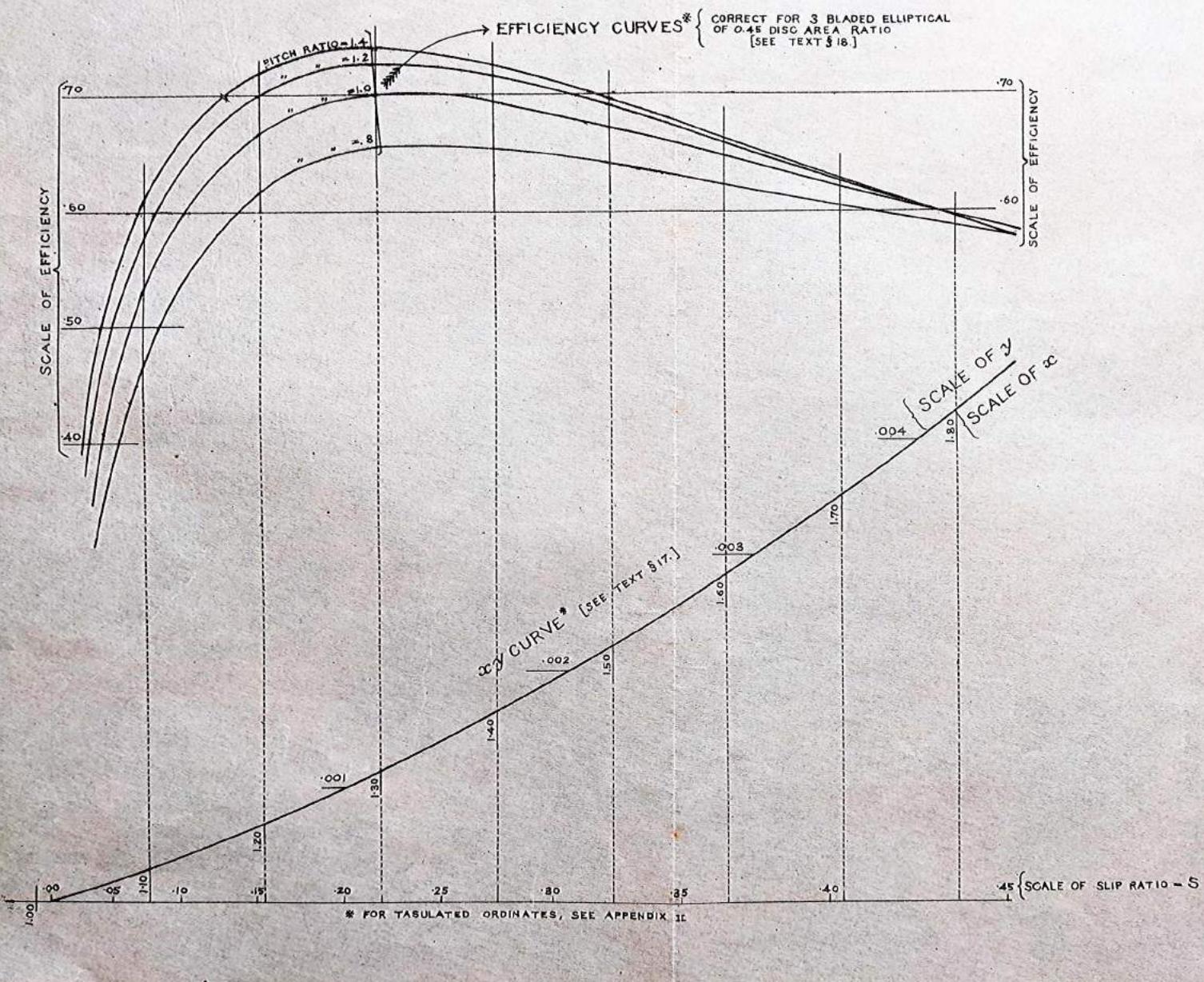


Fig. 7.

PLATE XIX.

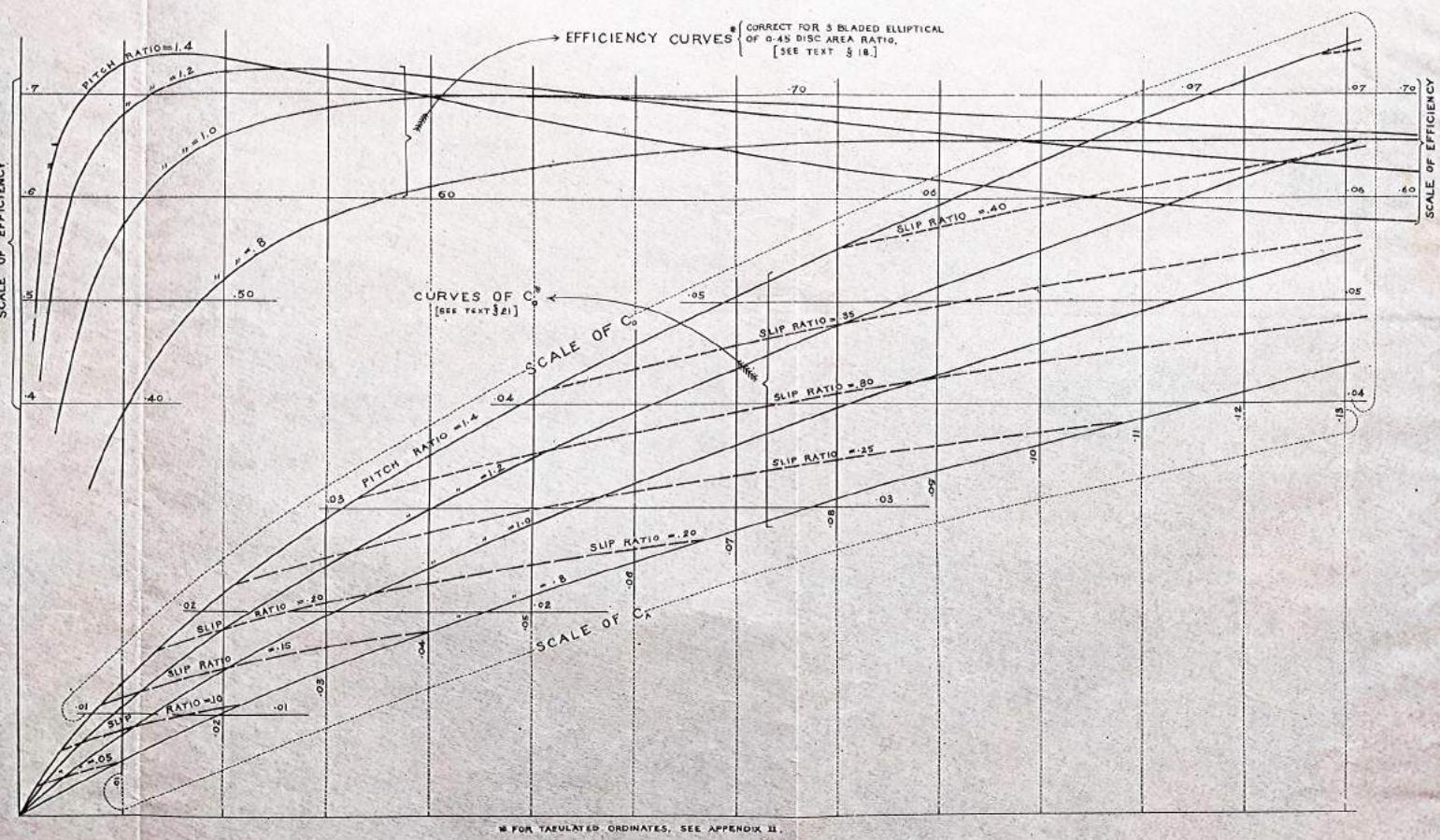


Fig. 8.

EXPERIMENT EFFICIENCY CURVES. (§ 20)

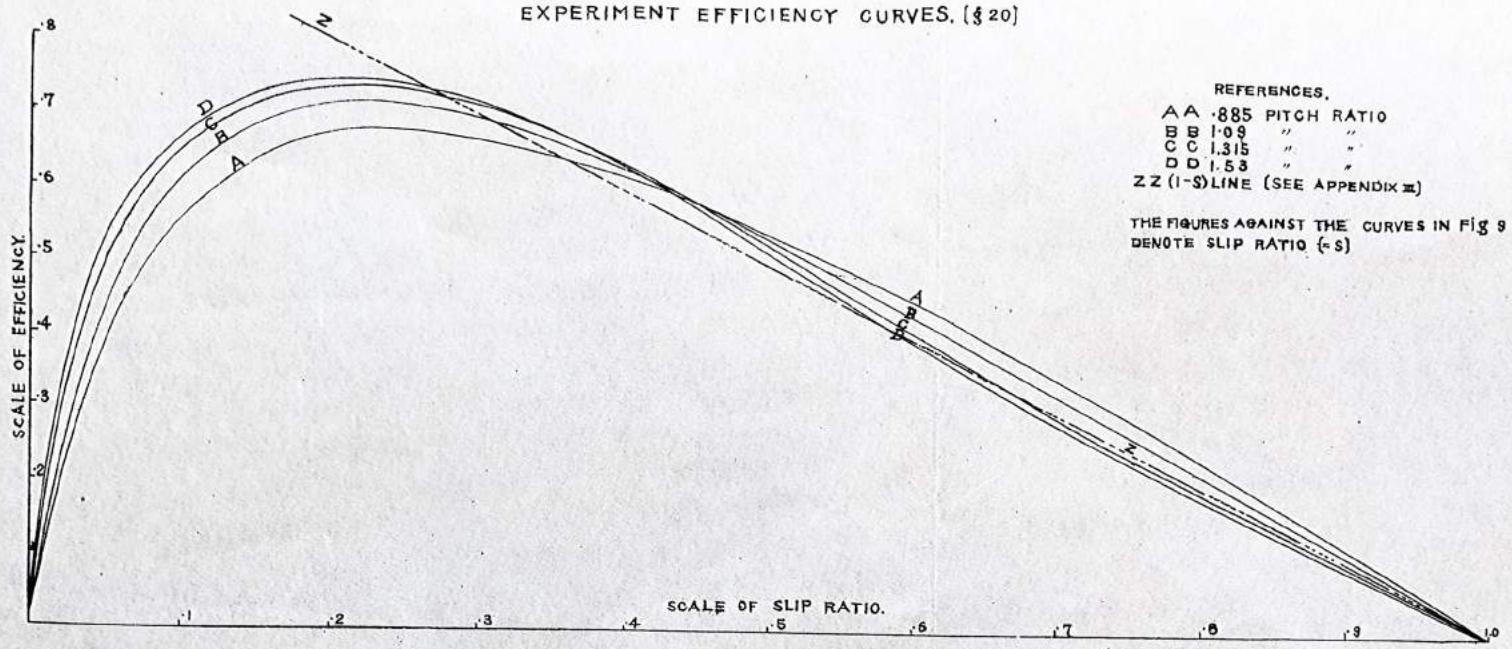


PLATE XX.

Fig. 9.

EXPERIMENT EFFICIENCY CURVES. (§ 20)

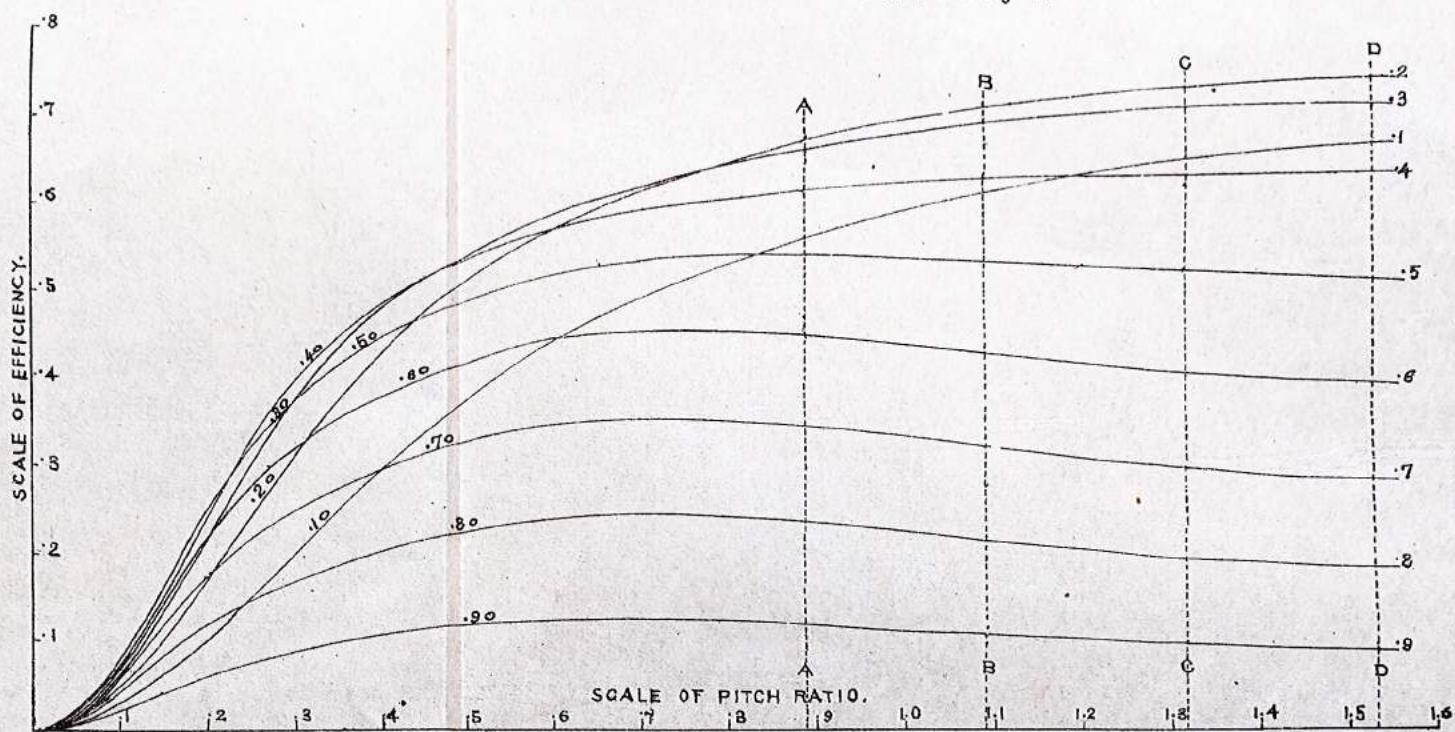


Fig. 10.

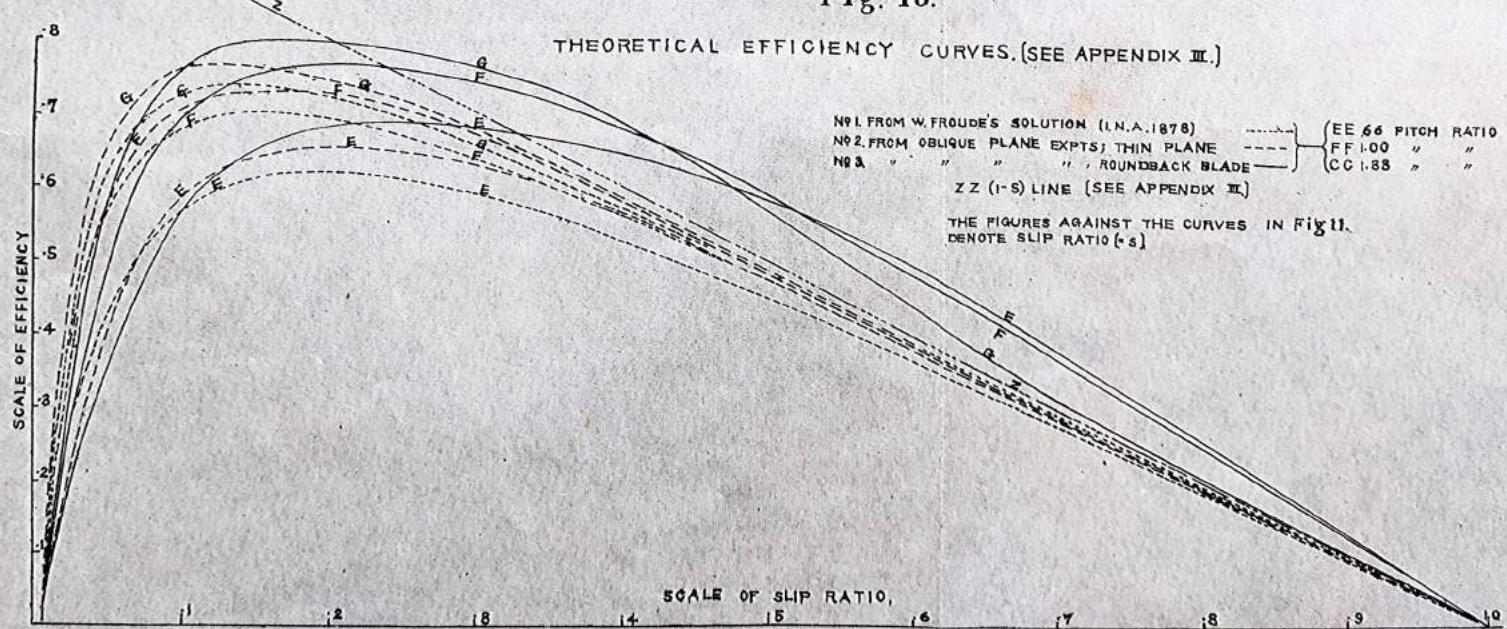
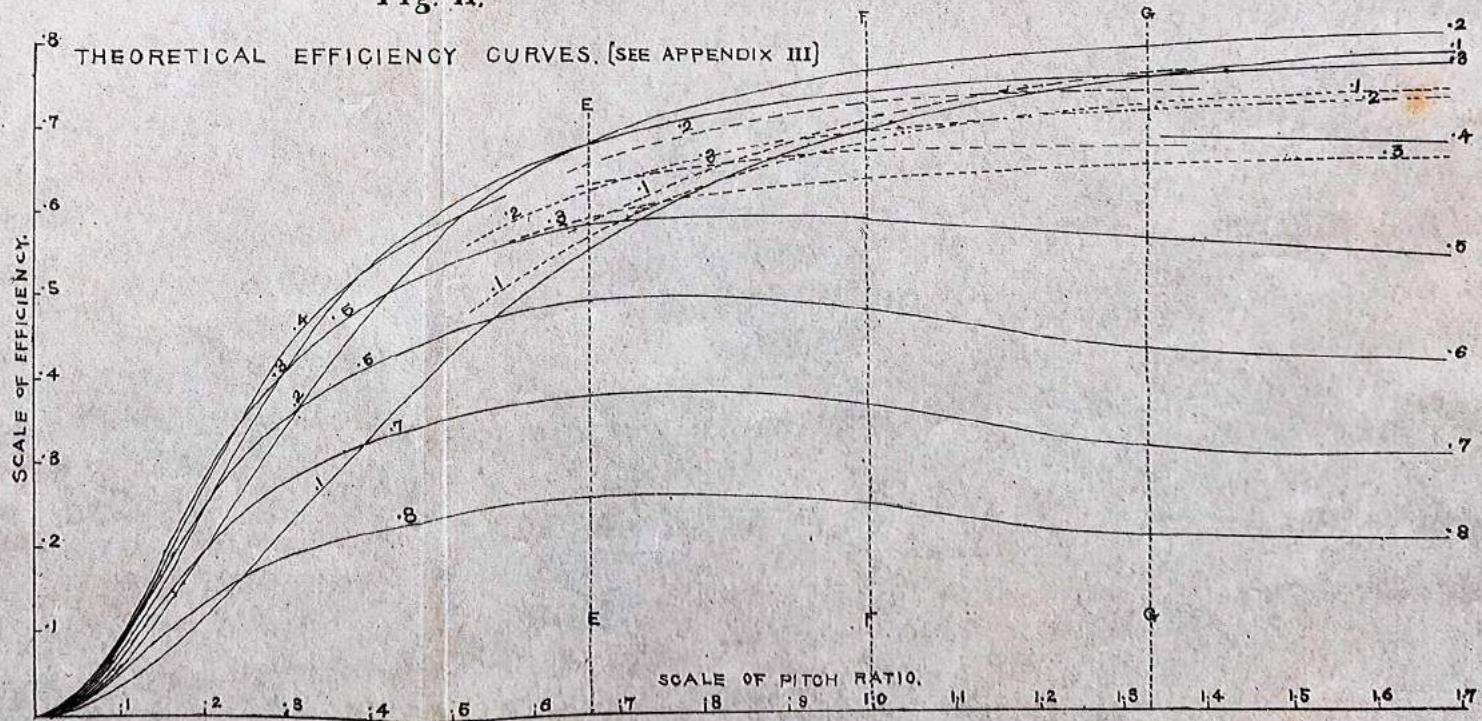


Fig. 11.



○航行する船舶と之に接近する他物との
間に行る吸引力及び反撥力の消長、又
潮流及び風壓の影響に就て

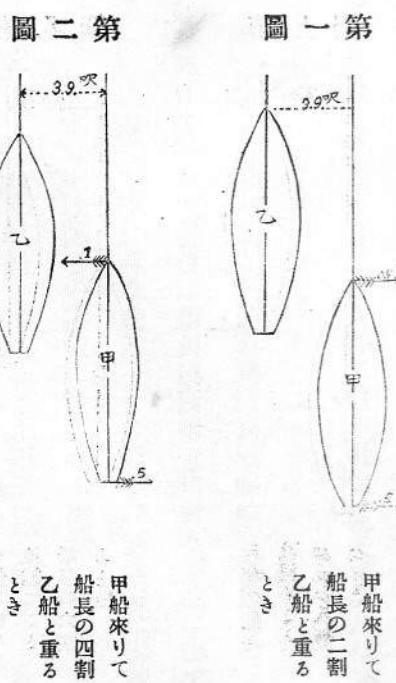
正員 富山久米吉

凡そ船舶は廣闊なる水面に於て、殊に其前面に他船の存在せざるとき、航行するときは、其運轉自由にして、衝突坐礁等の災害を生すべき處なきは、素より言を俟たず、然れども若し夫れ其前面に他船の密集するか、然らざるも狭隘なる水路を航行するに當りては、自他船舶の位置及ど針路如何、陸岸及び水底との距離如何、潮流及び風力の強さ如何、凡そ此等の諸點に付て深く考慮して適當に運轉するに非れば、往々にして不測の災害を招くことあるべし、此時に方りて苟りに近き航路を取らんと欲して、或は強ひて他船の前面を横切り、或は甚く之に接近して追ひ越し、或は岸角に接近して之を回走せんと試みるときは、其結果他船若是陸岸若は海底と自船との間に惹起せる吸引力及び潮力の作用によりて、意外なる船首振れ廻りをなすか、若は風力及び潮流との關係よりして、船の速力及び針路に影響を及ぼし、依りて衝突坐礁等の不幸を見るは、敢て珍しき事に非るべし。

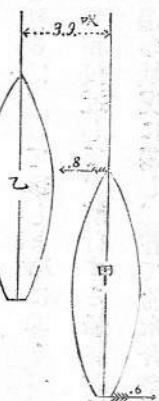
上記の如く極めて相接近して、航行する船舶間に惹起する吸引力及び反撥力の強弱變遷の状況に關し、嘗て北米合衆國海軍のラーロル氏實

驗せしことあり、昨年八月刊行の「インタナショナル、マリン、エンヂニアリング」に掲載せり、其一部分を抄譯せば左の如し。

氏は水線に於る長二十呎、幅三呎内外なる船の模型數個を造り、其二個づゝを相並行せしめ、其縦通中心線間の距離を三・九呎に定め、此距離及び各船の針路は各船間に生ずる吸引力及び反撥力のため異動せしめざる様裝置をなして、之を水溜内に曳きて進行せしめ、甲船の乙船に追ひ附くときより追ひ越し終るとき迄の間に生ずる兩船間の吸引力及び反撥力の大小變化は、之を船首に於る一點及び船尾に於る一點に於て測定せしに、此二種の力は毎に船の速力如何に關せず、其進航に要する曳力の分數にて示し得ることを發見せり、依て此二力の方向を矢にて示し、其大ひさを曳力の分數にて示せば、即ち左圖の如し。

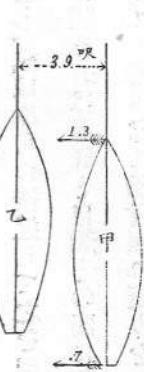


圖三第



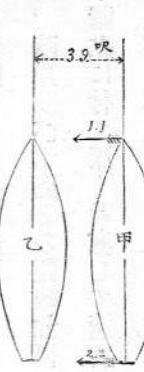
甲船來りて
船長の六割
乙船と重る
とき

圖四第



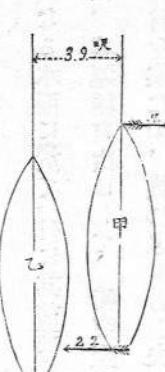
甲船來りて
船長の八割
乙船と重る
とき

圖五第



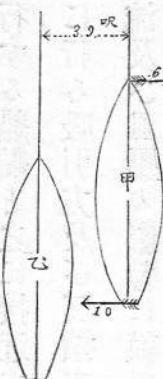
甲乙兩船相
併列すると
き

圖六第



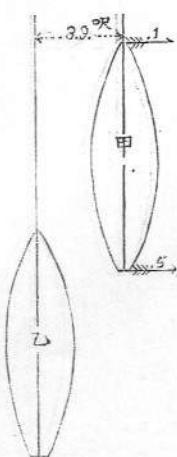
甲船乙船を
追越すこと
船長の二割
のとき

圖七第



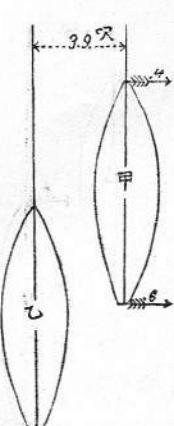
甲船乙船を
追越すこと
船長の四割
のとき

圖九第



甲船乙船を
追越すこと
船長の八割
のとき

圖八第



甲船乙船を
追越すこと
船長の六割
のとき

甲船來りて正に乙船に重ならんとする迄は、兩船間に何等の動力を生ぜざりしも、其漸く相重るとときは、兩船の首尾を通じて總て反撥力を生じ、之を甲船に付て測りしに、第一圖に示す如く、船首に於る反撥力は僅に・〇五なるも、船尾に於る反撥力は・五なるガ如し、其結果甲船は乙船を追ひ越さんとして、自然に其針路を乙船の方に變轉すべき傾向ありとす、更に進んで第二圖及び第三圖の如く、兩般次第に相重るとときは、甲船の船尾は依然として反撥せらるゝと雖も、其船首は乙船に吸引せらるゝにより、兩船益々衝突すべき傾向を生ずべし、而して尚ほ追ひ越を繼續するときは、船首の吸引力は益々増加するも、船尾の反撥力は急に減縮し、遂に吸引力に變換するは、第四圖に示すが如し、更に進んで兩船全く併列するに及んで、船首に於る吸引力は

幾分の減縮を見るも、船尾に於る吸引力は大ひに増加して、兩船益々吸引すること、第五圖に示すが如し、追ひ越船更に進航するときは、其狀況一變して船首の吸引力は減縮し、亞て反撥力となり、船尾の吸引力は一時其增進を繼續するも、條ち減縮し終に反撥力となるは、殘餘の四圖に示すが如し。

追ひ越をなすに方り、第一圖に示す位置に來るとも、追ひ越船々首は自然に追ひ越され船の方に向ふべき傾向あるにより、之を避くる處置として、左舷舵柄を行はんか、其結果船尾の反撥力を全く滅失するに至るか、然らざれば追ひ越船々尾を左舷に壓することなるべし、其反撥力を全滅する場合には、兩船依然として次第に近寄るべき傾向あり、又船尾を左舷に壓する場合には、追ひ越船の首尾を通じて他船に近寄らしむべき効をなすを以て、左舷舵柄の實行は舵の效果如何に關せず、毫も其目的を遂げざるべし。

本實驗は船の喫水に比して甚だ深き水溜内に於て之を執行せり、然れども實際追ひ越は屢々水底淺き場所に於て生ずべし、此場合には、上記の吸引力及び反撥力の變遷は特に顯著なるべきは、想像するに難ざるべし、推進器の船尾部に對する吸引力並に推進器の其周囲の水に加ふる打擊作用の如きは、固より微小にして、前記兩船吸引力反撥の狀態を變更するものに非るべし（以上抄譯によれり）。

前記の外氏は尙ほ二個船型間の距離を種々に變更し、之を並列せしめ

ながら曳きしに、距離愈々大なるに従ひ、兩船間の作用は急劇に減殺することを知れり、是れ固より當然のことなるべし、何となれば、凡そ船の前進するや、船首前面に於る水は先づ兩船側に分離し、更に流れて船尾に殘れる空所に來りて之を充填するものなり、故に若し他船に若は陸岸に若は水底に接近して進航するときは、斯る水流に障礙を與ふべきにより、前記の如き諸種の吸引力反撥作用を惹起すと雖も、其距離大となれば終に斯る障碍を與へざるに至るべければなり。

吸引力反撥の消長の程度を曳力の分數にて示し得べしとの氏の斷案は恐くは正確に非るべし、又本實驗に伴ふて生ずる諸種の困難は氏の得たる吸引力反撥の數字に多少の錯誤を生ずべしとは、氏の自白する處なり、然れども氏の實驗により吸引力反撥の作用は意外に大にして輕々に附すべきものに非ることを證明し餘りあるべし。

次に潮流及び風力は船の速力、針路并に舵の效力に影響を及ぼすべきことに付て説明せんとす。

航行する二個船舶の相衝突するや、亦潮流及風壓の有無強弱によりて大ひに其趣を異にすべし、假令ば衝突場所附近に於る潮流は總て同一の方向に同一の速力にて流れ且水底深くして船の進航速力に影響を及ぼすことなく、又水面と水面下の諸深に於て毫も潮流に變差なしとの前提を以てするも、船は潛航艇の如く全く水面下に隠れながら航行するものに非れば、水線以上に在る船體諸部は無風のときと雖も、尙ほ

其進航に正反対の方向よりして空氣の抵抗を受くべし、今問題を簡單にせんがため、同型同大の甲乙二個船舶を取り、左圖に示す如く甲は潮流と同方向に、



乙は之に直角に横はると假定せよ、若し空氣の抵抗力なきもの

とせば、兩船は何れも潮流の影響を受くること

同一なるを以て、其相互位置關係は潮流なきときと同一なりと雖も、實際上兩船とも多少の空氣抵抗力を受くべきにより、兩船の潮流に従ひ流下する速力は潮流の夫れと同一ならざるべし、而して此種抵抗力の大小は空氣に暴露する船の面積の大小に比例すべきにより、若し船長は幅船の十倍大なりとせば、乙船の受くる抵抗力は甲船の受くる夫れの約十倍大なるべし、且此時若し潮流に反抗する風ありとせば、兩船の受る此種抵抗力の懸隔益々甚きに至るべし、其結果潮流は乙船の右側に激し、其左右兩側に相異なる高さと長さを有する波浪を生じ、尙ほ時に乙船は右舷に多少の傾斜をなすべし。此時に方りて若し兩船流無りせば、乙船は安全に甲船の前面を横切りて通航し得べしと雖も、

潮流及び風壓を受けながら進航するときは、乙船の前面斜めに生ずる波浪弁に船尾に生ずる波渦に基く前進抵抗力大ひに增加するのみならず、若し乙船の傾斜するときの如きは、進航に基く水流を遅滞せしめ、兩々相俟て乙船の前進速力を減殺すべく、之に反して甲船の受くる諸抵抗は兩船平等にして、乙船に於る如き大波を生ぜざるべく、又其前進に基く水流の如きは、寧ろ風壓の幫助を受くべきにより、此種抵抗力は幾分の減殺をなすことあるも、決して増加すべき理なしとす、故に乙船は其前進速力を遲緩し、其潮流に伴ひ流下する速力も亦甲船より遅緩すべきにより、先きに潮流なきとき無難に甲船の前面を通過し得べかりしに、今は兩船相衝突するの不幸を見るに至ることあるべし、而して兩船愈々接近するに及んで、其附近に生ずる波浪は兩船の進航に基く水流に影響を及ぼすこと愈々大となるは、想像するに難からざるべし、即ち衝突の角度弁に衝突程度に於て潮流及び風壓の有無は之下の諸深に於ける潮流は其速力同一ならずして、其船舶に及ぼす影響に大影響を及ぼし、依て吸引反撥の二力に變化を生ずること亦た至大なるは、想像するに難からざるべし、而して實際の場合には、水面以降の諸深に於ける潮流は其速力同一ならずして、其船舶に及ぼす影響頗る錯雜して、容易に推算し能はざるべく、且急潮を航行するに方りき場合と意外に悪き場合とあるべければ、此場合に臨んで兩船の衝突を避けんと欲し、操舵して反つて意外の方向に船首の振れ廻りをなすことあるは、敢て怪むに足らざるべし。

○汽船「モニトリア」に就て

アルサ、エッチ、ヘーヴィー氏の説

造船に於ける最近の改良は船殻の形狀に付て實行せられたり、由來此種改良は多くの造船家に於て勉めて輕々に附せられたり、开は船形の變更は其進航に對する諸の抵抗を減縮すべき根本的解決を許すべき餘地なきものなりとの臆斷によりしものゝ如し、されば普通の一貨物汽船「モニトリア」とて、其長二百七十九呎六吋、肋骨外面に於て測りたる最大幅三十九呎十吋半、又龍骨上面迄の深二十呎七吋半のものが其特殊なる形狀により、能く驚くべき好果を贏ち得て適々曾て閑却せられたる一種の原則を應用することを得、依て一般諸船舶の航行速力を増加するが、然らざれば其馬力を減縮し其消費すべき石炭を節約し得ることを證明したるは、特に快感を深ふするものとす、普通船側外板は平らに張り詰るものなりと雖も、本船に在ては之と異り、其載貨水線と彎曲部との間に於て二條の波狀突起を船の長と同一の方向に設けたり、此突起の横截面は稍や扁平なる弧狀にして、依て船の最大幅を約二十二吋増加して四十二呎に幾からしめたり、又此突起は船首及船尾の銳尖なる部分に到りて之を停止せるものとす、されば此突起は同船の浮泛力を増加し、其排水量を増加し、又其接水部の面積を増加するにより、此等相俟て船の速力に惡影響を及ぼすべきが如しと雖も、

其實反つて速力を増加することは、殆んど四年間に亘りて執行したる幾多の水溜試験（船の模型を以て水溜内にてなす試験）及海里標間の試運轉并に海洋航行の成績によりて證明せられたり。

水溜試験に於て速力十海里の時其百分の五の改良を遂げ得べきことを發見せしが、實際の航行に於て其誤りなきことを確めたり、又水溜試験に於て九海里の時其百分の四・一六の增速を得べきことを發見せしが、實驗上の増加は實に百分の四・二三なりき。

本船はニューカッスル、オン、タイン、に於るエリクソン、シッピング、コムバニーの所有にして、サンダーランド、ヒルトンに於るオスボルン、グラハム會社の製造に係れり、同社は嘗て一種の船型を有する貨物汽船を製造せしが、其搭載量は貨物及燃料炭を併せて三千二百噸にして、其特徴の形狀と大ひさと又之に適應する一定の馬力と速力は彼れ是れ相俟て頗る經濟的なりしため、爾來同一の設計の下に造りたる船舶の數は二十三隻の多きに達せり、而して此等の船舶の所有者は孰れも其好成績に満足するの極、其一人の如きは若し是れ以上有利なる改良を施し得るものあらば、其成功は蓋し著大なるべしと揚言するに至れり、故に今殊更に此の如く成功し且つ著き缺點なき船型を選んで、以て縱向き突起物の試験を施したるものとす。

荷足の外に一の貨物なき時に於る試験には、二條の波狀突起は吃水線上に出るにより、「モニトリア」は其速力及馬力に於て其姉妹船と異なる

るなれ」とを證せしと雖も、其載貨試験に際して、該突起は水面下に沒したりしも、輕吃水の時と略ぼ同一の速力を得たりしのみならず、

之と同一の吃水状態に於る姉妹船に比せば排水量に於て已に百三十五

噸大にして、之に同一の機関及推進器を備へ同一の馬力を以て速力に於て其姉妹船を凌駕すること八分の三海里なり。之を換言せば、其姉妹船と同一の速力にて航行せしむる時は、馬力に於て百分の十四減縮し得ることを意味せり。

本船の機関は徑二十一時、三十三時、五十六時行長三十六時の三聯成汽機と汽壓百八十封度加熱面積合計三千立方呎なる二個汽罐より成立つものなり。

左表に掲ぐるは甲乙二個姉妹船并に本船をして、海里標間を航走せしめたる試験成績なり。

甲 乙 モニトリア

試験の時の排水量.....4440 4450 4575 4575 4575 4575

海里にて示せる速力.....9.76 9.78 9.78 9.96 9.96 10.12

馬力.....1,133 1,116 966 1,000 1,120 1,195

汽機回轉數.....70 $\frac{1}{4}$ 70 65 $\frac{1}{2}$ 66 $\frac{1}{4}$ 68 $\frac{1}{4}$ 69 $\frac{1}{4}$

吃水.....17.8 17.8 $\frac{1}{2}$ 18.0 18.0 18.0 18.0

汽壓.....180 180 175 175 175 175

推進器の(スリップ) 百分の三乃至六なり

譯者曰此試験中の馬力、汽壓制限及汽機回轉數間の關係に就て疑はしき點ありて信を措き難し、故に本船の有益なるや否を斷するには、尙一段の實驗を要すべし。

「モニトリア」に付て著明なる特徴は、其航行中動搖せざること、其震動なれこと及舷側に沿ひて碎けたる水の奔騰することなくして、之に代ふるに幅約三呎にして滑かなる低き波紋を以てするにありとす、而して此波紋は清澄透明にして、爲に水面下十呎の所に在る船殻の突起も容易に甲板上より看ることを得る程なり。通常船首に激して生ずる波浪の副産たる泡沫にて覆はれたる水流も今は舷側を距ること約三呎に舷側に沿ひて通過するを以て、之を觀れば船の進行を阻害すべからぬ影響著しく減殺せしが如し、又通常船の進行に伴ひ惹起する波浪の高大なるに従ひ夫ただけ馬力を消費すること大なるべし、然るに今は波浪の高を抑制したる結果爰に消費すべき馬力の一部は直ちに船の速力を増加すべくして、殘餘の一部は波浪の長を増加し、従つて其速力を増加すべきにより、亦船の前進に利用せらるゝが如し、要するに波浪を長くして其速力を増加したるは、船の周邊に於る各種の水流を催進するの外、船と水との摩擦抵抗を減縮し船首に於る波浪と船尾に於る渦沫を減殺したるが如し。

本船横截面の周圍の長は其姉妹船に比して大なるにより、其水との摩擦抵抗面積増加し、従つて摩擦抵抗を増加すべきは自然の理なりとす。

然れども從來此種抵抗に關して算到したる數量は信を措くに足らざるべし、多くの教科書にある此種數量の如きは、其正確ならざることを證明し得べしとす、但し本船に於る此種抵抗は何程増加するにせよ、他面に於て省約したる馬力は能く此種抵抗に打ち勝ち、「尙ほ船の前進に利用せられたるや明かなりとす。

「モニトリア」は其姉妹船に比し排水量に於て百分の三を増加すると、

同時に載貨量に於て亦百分の三を増加せり、此の如きは從來不可能の事に屬するのみならず、馬力に於て百分の十四を減縮して營利上適當の速力にて航行せしむることを得たり。

波狀突起の大ひさ、割合及位置如何は船の形狀、大小、速力及銳尖の程度の殊異によりて一ならず、突起設備の效力に肥太なる船に於て著しとす、船の動搖に關して突起は恰も彎曲部龍骨と同一の效力を有す、即ち動搖時を遲緩ならしめ、動搖角を縮少する利益ありとす、尙ほ縱向動搖に付ても亦同様にして、又甲板上に侵來すべき縱向波浪を壓殺すべき効力ありとす、而して此等の諸件は船の凌波性を増し、其水との間に生ずる衝擊を殺さ、不動搖の狀態を持たしめ、併せて船を堅牢にすべし、突起の船尾に於る作用は渦沫を抑止し、傾斜して來れる水流を平らに流れしめ、以て推進器及舵面に來れる水流を容易ならしめ、操舵を容易にし、推進器の「スリップ」を減少すべし、逆浪に於る航行は此突起の作用により甚だ容易なるのみならず、船の屈折變形に對

して其強力を大ならしむるものとす。

戰鬪船又は巡洋艦に此等の突起を設備せば、能く砲坐を不動にし、射程を擴大し、多數の砲門を搭載せしめ得るのみならず、航行速力を増加するものとす、而して旅客船に在りては動搖寡くして旅客に快感を與へ、船を堅牢にし、石炭消費の節約し、貨物搭載力を大ならしむるものとす。

(本年一月刊行「インター・ナショナル・マリン、エンヂニアリング」による)

前記の汽船「モニトリア」の好成績を關するヘーヴァー氏の結論は未だ首肯し難き所あるべし、然るに昨年九月刊行の「フヒロソフヒカル、マガチ」に於て船首斜めに進行する波浪の抵抗、及び船の船首部の形狀と該抵抗との關係に就てレーリー卿の説明あり、未だ本件を解釋するに充分なりと謂ふを得ずと雖も、其研究に資する所尠なからざるものありと信するにより、左に之を抄譯せんとす。

平穩なる水面を航行する船の船首に方りて斜めに進行する波浪の在ることは、皆人の知る所なり、然れども該波浪の船側に觸れて畫ける波紋（よこわしき）は甲板上よりして看ること容易ならざるべし、又船と同一の方向に進行する波浪及び船首並に船尾に於て生ずる波浪の相ひ交錯せたる状態は皆注目を怠らざるが如しと雖も、前記の斜めに走る波浪も亦た恐くは諸の波浪に基く總抵抗の一要部を占むべきことを認め得べし

とす。

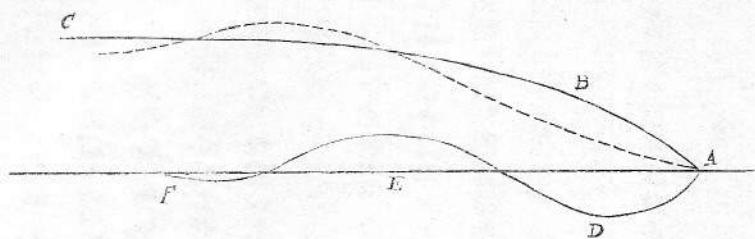
予は初めて波紋の圖面に親炙せし時よりして、普通の船の船首（及び恐くは船尾）の形狀は抵抗を減縮するに適せざることを感知したり、船首材及び其後方に接する船首部に於て水は水準より高く奔騰するにより、之より生ずる增加壓力は直角に船殻に働くべし、而して船の進行の方向に働く壓力の成分は船を後方に退却せしめんとするを以て、此成分を減殺せんとして往々船の船首殻を内方に凹入せしめて造るものゝ如しと雖も、本問題は斯くして解決せしものに非るべし、何となれば船首側に於る波紋を究むるときは、船首の後方には水の水準迄落する所あるを見るべく、尙ほ其後方には水準以下に陥落する所あるを見るべし、而して尙ほ之を後方に究むれば、漸く高低の程度を減縮するも交互に高騰と陥落を連續することを知るべし、今船殻の或る一部に於て船の進行の方向に働く壓力の成分は船の進行方向と該局部に於る船殻面の方向との間にある角の正舷と、船殻に直角に測りたる壓力の乘積に等しかるべきし、而して船の船首部は通常前方に面するに於る此角は正の量なるべし、故に水準狀態よりして壓力を計算するときは、波浪の高騰する局部に於て水面以下漸く船を後退せしむべき力を増加すべしと雖も、其陥落する局部に於て船を前進せしむべき力を増加すべし、依て直ちに一疑問を生ずべし、即ち船殻の各部に於る壓力に適應すべく其角の大ひさを彼れ是れ變更せば、船

の進行方向に於る總壓力を減縮せしむべき道なきかの一事なりとす、之を解決せんには波浪の高騰する局部に於て其角を減少し（負の量となる迄も）其陥落せる局部に於て之を増加せば足れりとす。予嘗て深四五寸水以て充てる盥を回轉臺上に置き、之を平等なる速力にて回轉せしめ、其周邊附近に繫留せる船型に盥水の激して進行する状態を試験したことあり、該船型は木製にして、其船側は直立し船底は平坦なり、但し水の圓形運動に應せしめんとして船型の長に沿ひて之を曲形に削れり、而して抵抗は測定せざりしと雖も、船首部の形狀を變更するに從ふて惹起せる諸の波紋の形狀を試験せり、先づ鈍き形體よりして之を始め、次に波浪の高騰する局部の後方を漸々削り去りたれども、其陥落せる局部の後方迄之を削らざることに勉めたり、此方法によりて試験を反覆續行し、遂に波浪の位置に應じて船側を波紋形に削り去り、依て波浪の高を減縮せりと信すべきものを造るに至れり、是れ則ち波浪の抵抗を減縮すべしと期待せられたるものなり。本試験によりて予は實際の船舶に於ても亦之と同様に船殻の形狀を造ることの有益なるを覺知したり、然れども之を實行するに先ちて船の模型に就て水溜に於る完全なる試験をなすを得策なりとす、其順序として先づ「バラフイン」製の船型を造り、波浪及び其抵抗の觀察に基き之を或は削り去り或は添加すること左圖に示す如くし、依て得たる各改造毎に波浪の形狀及び抵抗の大小を測定すべし、此方法によれる

實驗は時に不成績に了ることあるべきも、是れ道理上許さるべきことにして、造船家に於る先入したる思想は容易に此の方法によりて

實驗するを好まざる傾向あるを遺憾なりとす。

造船は特に或る一種の速力にて航行するときに於て始めて其效力を全ふすべし。然れども此事たるや深く顧慮すべき問題ならざるが如し、而して此等の諸事項に就て深く論評するは、尙ほ早計にして今一層の實驗を要すべし。



A-B-C ハ當初

ニ於ル船ノ一
舷側ヲ示ス、

A-D-E-F ハ波
浪ヲ示シDハ

其高騰スル局
部ヲ、又Eハ

其陥落スル局
部ヲ示ス、點
線ハ添加及ビ

測定するを良とす、概して之を

に於る壓力を相當の壓力計にて

削出ニヨリ改
造スペキ方針
ヲ示ス

の變化範圍は波浪の長の如く大ならざるべし、實際上船舶の積荷方法區々にして一ならざるべ

く、又風に基きて長き波浪の生ずること、且つ船殻を削ること劇しきに失するときは、渦沫

を生すべき虞れあることに注意すべし、正確に之を言へば、總て波浪は船の速力如何によりて其特性を異にすべきにより或る一種の船殻改

○工業用材料并に機械の検査及び試験に就て

去る月曜日に催したる「ソサイチー、オブ、エンヂニア」の會合に於て、シーラブリュー、ヴィ・ビックス氏は工業用材料并に機械の検査及び試験に關して實用的の論文を讀上げたり、氏の言によれば、第一流の製鋼所にては、鋼製構造に使用すべき板條及び桁の試験實行の施設完備し依て検査員（ロイド協會其他材料注文者等より派遣したる人を云ふ）に於て唯短き期間内に多量の材料取扱ひよりして受くる苦痛を除くの外は實行上些少の故障をも見ざるものとす、検査員は每塊鋼よりして造りたる數箇の小片の一を採り之に印を附せば、製鋼所は之を指定の形狀に切りたる後抗張試験器に掛くるを常とす、此試験器の秤をして毎に水平の位置を取らしむる様相當の注意を以て抗張試験をなすときは、其成績は信用して差支なからべし、斯くて得たる抗張力（切斷點に於る）及び伸張は通常左に示す如し。

	截面一平方吋に付き噸數	標點間隔八吋に於ける伸張
最良スタフオルド、シルバ鐵板（薄ひ）	...21	6%乃至7%
最良良	" ...21	7% " 8%
最良良	" ...21	7% " 8%
軟鋼（マイルド、スチール）	...26 "	30 20%

亞軟鋼（ソフト・スチール） ...28 " 32 20% (二吋に及ぶ)
堅鋼 ...35 " 40 15% (")

構造用の鋼材（釘類を除く意義）に在ては寒冷狀態に於る屈曲試験をなさざるも妨げなし、鋼板の不合格品として拒絶すべきは、多くは其薄き層に分離する場合なりとす、故に各板條に付て一々検査すべき必要あり、積み重ねたる多量の鋼材に付ては、豫め製鋼所と打合せをなすに非れば、其検査を行ふ難し、併は各鋼材を並置すべき場所は容易に得難かるべく、又突然の要求により起重器を使用し難ければなり、此検査の目的は裂疵・薄き層に分離・及び厚の平等ならざるものを見出すにあり、尙ほ桁材の場合には、其真直なるや否を検するにあり、積み重ねたる一團毎に材料一本を探りて、其長を檢し、又各板各桁の厚并に剪断せる周縁に於る些少の裂疵及び分離層の有無を調ふべし、材料の合格せる分には検印を押すことを要す。

尙ほ桁材に付て必要なるは、其重量の検査にあり、各種形材の長一碼に付ての重量は普く知られたる重量表に就て見るべし。

鐵製及び鋼製の鉗釘は左の如き抗張力を要すべし。

	截面一平方吋に付き噸數	標點間隔八吋に於ける伸張
鐵の抗張力	21.5乃至2423%
鋼	24 " 2825%

鉗釘用材は二重に屈曲して裂疵を生ぜざる」とを要す。

螺釘

螺釘は其抗張試験の外尙ほ一袋毎に其約百分の五を探りて各々其母螺に適合するや否やに付き又其長直徑及び螺旋に付て検査すべし。

柱杯を數箇鋼材にて組立る場合には、圖面に照し各材の長を検査し、尚ほ總ての肘板及び主要の螺釘孔の位置を調べ、且つ各材の真直なることを確むべし。總て鐵製構造は其塗料を施す前に検査すべく、其屈曲工を加へたる場合には、屈曲部に於る實質受展の模様を検査すべし。凡そ製作の美は各材の剪断を精巧にすると亦各部を精密に固着するにより始めて發揮すべし、組立を了りたる各構造并に桁類に附したる符號を検査すべし但し板類には符號を要せざるべし。

汽鑑

汽鑑用鋼板は製鋼所にて試験すべし、本材は總て「オーブン、ハース」式軟鋼にして、其截面一平方吋に付き二十六噸乃至三十噸の抗張力と標點間隔八吋に付き百分の二十乃至二十三の伸張を要す、鋼板より切り採りたる試験材は焼入れの後屈曲試験を行ふべし、板面に窪みたる箇所なきを期すべし、炭素・磷素・満倦素の含量に付て指定すべしと雖も、之を分析確認するは、試験員の職務以外に屬す、鉄釘は亦「オーブン、ハース」式鋼にして他の構造用のものに似ず、二十六噸乃至二十八噸の如く高き抗張力を要す、鉄釘用材は寒冷の儘之と同徑なる鋸を挿みて、百八十度屈曲して異状なきことを要す、燐管式汽鑑に於ては、

鍛合せる燐管を使用すべからず、之を一平方吋に付き千乃至千五百封度の水壓にて試験すべし、試験の結果五百本乃至六百本に付き僅に一本の不合格品を生ずるを常とす、燐管の端末は屢々管擴器にて原直徑の一倍と十分の一迄擴張すべし、此試験は時を消費すること尠ながらず、若し急劇に之を行ふときは、ために裂傷を生ずる虞ありとす。燐管の水壓試験は汽鑑の最大使用壓力の一倍半とし、罐板の併せ目は試験執行中に普く検査すべし。

瓣

諸瓣及び之に接する鑄造物は製造所に於て試験すべし、其壓力は一平方吋に付き二百封度乃至四百封度にして、鋼製の本體を有する蒸氣瓣には四百封度を用ふ、安全瓣及び給水不足を警示すべきものは、蒸氣を用ひて試験すべし、自働排汽瓣にして真空不充分のとき直ちに外氣に開放すべき装置のものは、空氣壓力にて試験するを良とす、升は瓣の下面に於る吸引作用の停止するや否や開放せしむべき必要あればなり、此瓣には些少の空氣漏泄をも許すべからず。

短時間に於て多數の鋼製瓣を試験するには、水壓力に依らざる可らず、蒸氣力は稀に使用して宜しと雖も一平方吋に付二百八十封度を超へしむ可らず、何となれば、瓣熱傳わりて其外部に於る水分及び塗料を蒸發せしめ之を蒸氣の漏泄と辨别し難ければなり。

蒸氣管、高壓用の鋼管は鍛合せざるものなるを要す、管並に管鍔の厚は成るべく検査すべし、管を屈曲するには極めて遅々として行ふべし、此工事は當初より監視し、若し屈曲部の分子組織に些少の無理を生じたるやの疑あるときは、同部を切り採りて抗張試験を行ふべし、鑄錆製排汽管には水壓試験を行ふを良とす、水を満てゝ後ち空氣の殘留せざる様に勉むべし、一管毎に試験を行ふときは此點に付き顧慮すべき必要なきも、數管を連結して同時に試験を行ふときは注意を怠る可らず、送水管漫にして且つ技管あり盲管あり大小の諸管錯雜するときは、殊に然りとす、斯る場合には、送水管の高に等き高い管を他端に取附け然る後ち水の溢出するに任すべし、管内の空氣全く驅逐を了れば、送水管端を密閉し然る後ち水圧を施すべし、若し斯の如くなさる時は一時間にて結了すべき試験も數時間を徒消したる上不成績に終るを常とせん、大管は鋼板にて製造し得べし、斯る管の外面に石鹼水を塗布し壓搾空氣にて試験し得べしと雖も、水圧試験は行ふに易くして、漏泄の状況を知ること亦易いとす。

鑄鐵製の水管は其厚を検査すべし、又其防蝕液に浸されたる状態を検査すべし、各管を一平方吋に付き三十封度乃至五十封度の抗張試験に掛け裂傷せざるを認むべし、枝管及び鍔縁に於る螺釘孔等は圖面に照して検査すべし、此検査は各管を其相當の位置に配列して行ふべし。

冷汽器

表面冷汽器は其冷汽管の插入前に於て水圧試験を行ふべし、抽展製の真鍮管は豫め製造所に於て其見本を切採りて冶金術上の試験を施こし、其急劇に抽展せし結果發熱して變質せざるやを檢すべし、管は其製造所に於て水圧試験を行ふのみならず、冷汽器内に挿入したる後更に其内方より四分の一時間に亘り水圧試験となし、人孔より窺ふて其漏水せざることを確むべし。

汽機

大形汽機の汽笛、吸鍔、吸鍔鋸、接續鋸、及び曲拐軸等は其仕上前に於て要部より試験材を切採りて、之を分拆すべし、大形「タービン」の主軸を試験、検査して其裂疵を知るは容易の業に非ず、今は其直徑に比して大ひに其長を減縮し得べきにより、翅片剥離に係る故障を輕減し得べしと雖も、回轉速力の大は車軸破損の原因たるにより破損を防止すべき各種の手段を講することを要す。

往復汽機用曲拐軸は抗張力一平方吋に付き三十噸乃至三十四噸、距離二吋に對する伸張の割合百分の二十なる軟鋼より製造すべし、其注文引受人は人を製造所に派して製造に係る軸の大小寸法を監査するか、然らざれば検査員は自ら之に當り尙ほ其角度并に行長に就ても検査すべし、車軸仕上げ後には其油溝を見て内部の裂疵に注意すべし。大鑄造物に付ては、其原料に注意すべく、劣等なる銑鐵又は毀れたる鑄物を使用せしむ可らず、鑄型に注入に際し激く瓦斯を發生するとき

は、製品不良にして、少しにても瓦斯の發生するときは、製品の外觀不良ならざるも猶ほ堅牢ならざるにより之を避くべし。
高速力の小機關にては、製造後汽笛の直徑により其馬力を確かむるも不當に非るべし。

培塿鋼を吸錆鋸製造に使用するときは、大ひに注意を要すべし、开は此種の鋼は屢々堅韌に過ぎ其截面一平方吋に付き五十噸の抗張力を有するものあり、依て三十八噸乃至四十噸のものを使用するを良とす。製造組立を了りたる機關に付ては、六時間に亘り試運轉を爲すを常とす、而しで大形機關にては、特に其使用蒸氣を復水して、之を秤るべし、一千輪制馬力を有する表面冷汽々關にては、毎「キロワット」時に十八封度の蒸氣を、又一百輪制馬力を有する表面冷汽々關にては、毎「キロワット」時に二十封度の蒸氣を消費するものを製造し得べし。

高速力の機關にては、試運轉の終末に於て曲拐室に於る油の溫度を測るべし、蒸氣消費量の試験終りだるときは機關各部を開放して検査すべし、（以下工場用機械及び起重器の試験に就て説く所あるも之を省略す）

（以上本年六月刊行「ペーチ」毎週雑誌による）

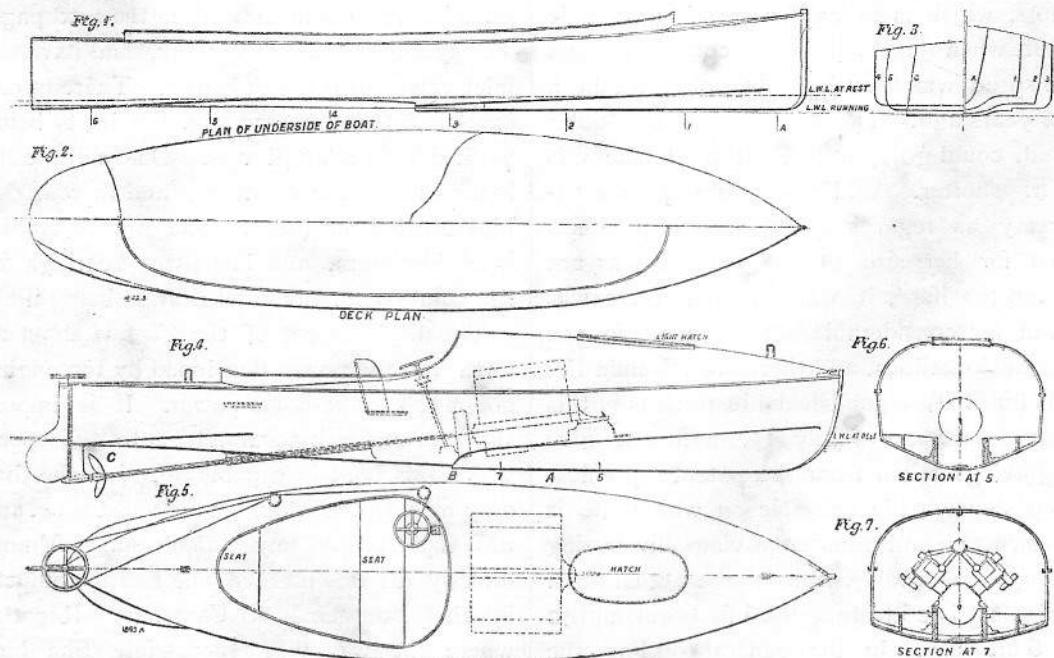
THE POSSIBILITIES OF THE HYDROPLANE.

For a great many years the possibilities of the hydroplane have been a matter of discussion among those interested in high-speed boats, but it has only been since the advent of the petrol motor that there has been any practical development.

The essential difference between the ordinary boat and the hydroplane is that while the former has a displacement which is at all times approximately equal to its weight, the latter rises in the water at full speed to such an extent that its displacement is practically *nil*. The principle on which the hydroplane depends for the maintenance of its position is, in fact, exactly the same as that controlling the motion of a flat stone skimming along the water when it is thrown in playing "ducks and drakes." In order that the stone should stay at the top of the water when thrown, it is necessary that it should move at a certain speed, and similarly, in the case of the hydroplane it is necessary that a certain speed should be maintained, or the boat will not rise out of the water as desired.

It is, of course, essential that the hydroplane should float when at rest, and also when running slowly, and it, therefore, must have sides giving it a reasonable freeboard. The original hydroplanes were built very much like a punt, with a flat bottom of special shape. There are, however, many practical objections to this form, for although some very high speeds have been recorded in proportion to the size of the boat, such vessels are absolutely useless except in quite smooth water, and, further, below a certain critical speed are very inferior to the ordinary boat.

It is for these reasons that the hydroplane was not of any practical use till the advent of an engine which was very light in proportion to its power. At low speeds the hydroplane has a very much greater resistance than the ordinary boat, for the reason that it has to plough through the water, and is of very inferior form to do it. At a certain critical speed, however, the whole boat lifts till there is really no bulk of it in the water at all, and then it skims along the surface of the water with very little resistance. It is obvious, therefore, that the hydroplane will have no advantage over the ordinary boat unless the engine is powerful enough to main-



Figs. 1 to 7. The Hydroplane Boat "Miranda IV."

tain the speed at which it lifts, and this involves an engine weighing some 10 lb. per horse-power or less. Such engines were not commercially available till the advent of the high-speed petrol motor, and hence it is only recently that the hydroplane has made any notable performances.

The great objection to the ordinary hydroplane for practical work is that it must be run either at nearly full speed or very slowly indeed, and that it is of such a shape as to be absolutely unseaworthy. In order to get a speed greater than can be obtained in an ordinary boat, and yet to avoid the practical objections to the hydroplane, Sir John Thornycroft last year built the *Miranda III.*, which had great success in the small racing class. This boat was 22 ft. long and of great beam, and had a flat place amidships, and also a flat fin carried horizontally under the forefoot. The advantages of the hydroplane system can be seen very clearly by comparing her with the *Gyrius*, a 26-ft. racing-boat of ordinary form, built and engined by the same firm. Both these boats were fitted with identical engines, having four cylinders 4 in. in diameter by 7 in. stroke, and capable of maintaining about 60 brake horse-power. The *Gyrius* was the fastest boat of her class, and was capable of maintaining about 21 knots, which is in itself a very remarkable result when the small size is considered and the speed which such boats could attain a few years ago. The *Miranda*, on the other hand, could go 27 knots, although she was 4 ft. shorter. While she was quite satisfactory as regards speed, and a good sea boat for her size as long as she was not driven too hard, it was felt that there was room for considerable improvement in the practical qualities, and therefore *Miranda IV.* was built. We published illustrations of this boat in our issue of July 15, and now give engravings taken from the patent specifications showing the principle on which she is constructed, and other engravings illustrating the general arrangement of the actual boat. This boat is 26 ft. long by 6 ft. beam and 2 ft. 6 in. deep. In the general outline she approaches very much to the shape of an

ordinary boat, but the bottom is specially adapted to make her skim at high speeds. This arrangement gets over the difficulties of the original type of hydroplane, for at moderate speeds she goes through the water in a similar manner to an ordinary boat, and the variation of form necessary to make her skim is so small as not materially to affect her performance. It will be seen from the section that while she is necessarily flatter amidships than the ordinary type of boat, this flat part only extends a very short distance, while the form of the bow is not materially different from that of the ordinary high-speed boat. There is no reason, therefore, to think that she is in any way inferior to the latter. When running at high speed, however, the boat lifts till only the part from A to B, Fig. 4. carries the weight, the rest of the boat being entirely clear of the water with the exception of a small length aft of C, which may have enough weight on it to make the boat stable longitudinally. The greater part of the bottom is thus entirely clear of the water, and the frictional and other resistances very greatly reduced. It is remarkable how small the disturbance of the water is, considering the speed of the boat.

The engine is of the eight-cylinder diagonal type, having cylinders 4 in. in diameter by 7 in. stroke, and is illustrated on the next page. The cylinders are cast in pairs, and have the inlet-valves over the exhausts. There is one cam-shaft to all the valves, the inlets being worked by rocking-levers. One carburettor is used for all the cylinders, and there is one high-tension magneto. The crank-chamber is of aluminium, and has three bearings for the crank-shaft, forced lubrication being used.

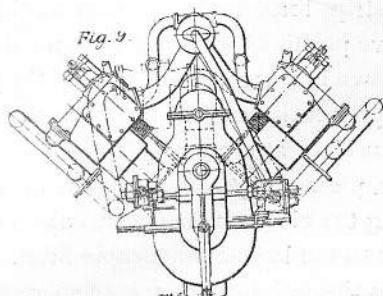
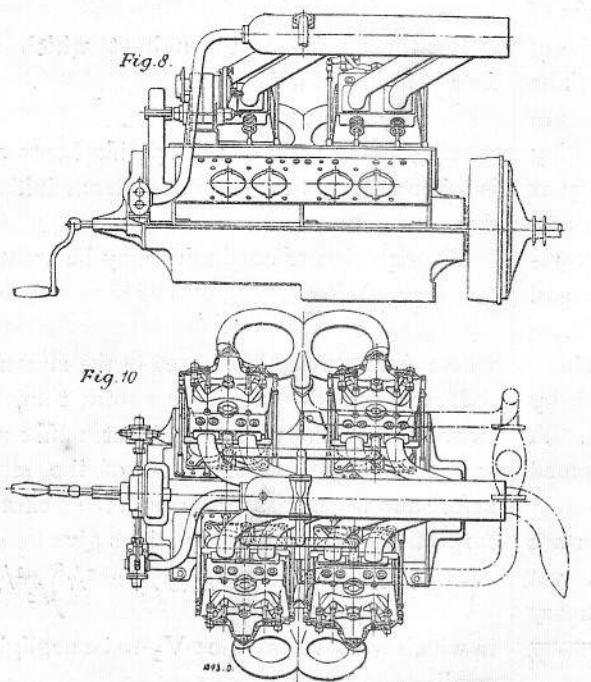
The displacement of the boat is about 25 cwt., and the power developed by the engine about 120 brake-horse-power. It is impossible yet to speak accurately as to the speed which this boat is capable of, for she has only been in the water a very short time, and has had hardly any tuning-up. Almost directly she was finished, she had to compete in the Bournemouth Centenary Regatta, where she was very successful. She has, however, exceeded 31 knots under somewhat

unfavourable conditions, with several persons on board, and it is hoped this figure will be exceeded when she is properly tuned up. A speed of 31 knots in a 26-ft. boat is, however, in itself remarkable, and it is interesting to consider what are the possibilities of this type of boat. Other things being equal, the speed of a boat varies as the square root of her length. We can see the effect of this proportion if we consider the history of the torpedo boat and destroyer. The original high-speed boat, from which all these developed, was one called the *Miranda*, built by Messrs. Thornycroft and Co. in 1872. This boat was about 50 ft. long, 4 tons displacement, and with 72 indicated horse-power did 16.2 knots, a speed as remarkable in its day as that of her successor now. The early torpedo boats were simply boats of very much the same size and speed as the *Miranda*, but as greater speed was desired they were made larger, and it is curious to see that in practice the speed has gone up very nearly as the square root of the length. Thus, taking the *Miranda* as the starting-point, a 100-ft. torpedo boat should have 32 tons displacement, 575 indicated horse-power, and go 23 knots. A 200-

ft. destroyer, in the same way, should have 265 tons displacement, 4600 indicated horse-power, and go $32\frac{1}{2}$ knots, and these are very nearly the proportions and speeds of the boats of these lengths, though there has been a certain tendency to increase both weight and horse-power. Thus, although the *Miranda* was only a fast pleasure-launch, she was the starting-point from which a large engineering development proceeded, and which has had a very considerable influence on naval warfare.

If the hydroplane can be developed in the same way from the new *Miranda*, we should get a boat 52 ft. long, 10 tons displacement, with a brake horse-power of 950, to do 45 knots. Such a boat could be hoisted up on a battleship, and might have very great uses for dispatch work, as the speed is considerably greater than that even of the fastest destroyers. With a boat 110 ft. long a speed of over 60 knots would be got, and with larger boats still higher speeds. The construction of such boats depends, of course, on engineers being able to build larger engines without increasing the weight per horse-power, and it is not suggested that it would

THE ENGINES OF THE HYDROPLANE BOAT "MIRANDA IV."
CONSTRUCTED BY MESSRS. JOHN I. THORNYCROFT AND CO., LIMITED, BASINGSTOKE.



be possible, at the present moment, to build a petrol engine of several thousand horse-power, and of the same weight per horse-power, as the smaller one now in use; but there is nothing impossible in the supposition that such engines may be built in the near future. It would, for instance, in 1872 have been quite impossible to build large marine engines as light per horse-power as the original Miranda's, but with experience it has since been done even with horse-powers of over 20,000. Similarly in the last few years the power put into motor-boats has gone up from a few horse-power to 800 without any increase in the weight per horse-power, and the size of engines may increase just as rapidly in the future, if there is a demand for them. In a matter of this kind, however, it is not wise to be in too great a hurry, and progress is often much more rapid when no attempt is made to take too great a step at a time.

(Engineering Aug. 5. 1910).

ON THE THEORY OF LABYRINTH PACKING.*

By J. Morrow, M. Sc., D. Eng.

1. Labyrinth packing consists of a series of grooves turned in the pistons or shafts of a steam-turbine and a corresponding series of wire strips fixed to the cylinder casting. The relative positions of the collars and strips are as shown in Fig. 1. The object of the packing is to prevent leakage of steam from one part of a turbine, at a pressure p_1 , to another at a lower pressure, p_2 . This is effected by reducing the clearance between each strip and collar to the lowest practicable limit. Steam passes through each clearance space at a high velocity, and this velocity is destroyed by eddying in the spaces between the strips. A part of the drop of pressure is thus consumed at each clearance.

These packings form the most important and delicate parts of the steam-turbine, yet there appears to be no satisfactory theory

published to aid the designer in estimating the quantity of leakage or the number of rings necessary in any given case.

The method of calculation given below is based on certain arbitrary assumptions, but serves to bring out clearly the action of the packing, and gives reasonable results. The author hopes that it may shortly be put to the test by experiments under the conditions usual in practical working.

2. The mathematical equations required are similar to those used for the flow of steam through orifices.

Let

p = pressure per unit area, in gravitational units;

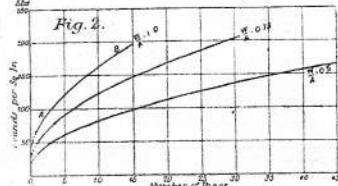
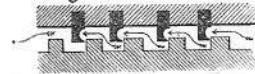
v = volume of unit weight of steam;

V = velocity.

Then the energy equation is

$$\frac{V^2}{2g} + \int v \cdot dp = \text{constant.}$$

Fig. 1.



For those portions throughout which the flow is assumed adiabatic

$$pv\gamma = \text{constant},$$

where γ is the ratio of the specific heats and is taken as 1.135 for saturated steam initially dry.

The equation of continuity may be written.

$$\frac{AV}{v} = \text{constant},$$

where A is the sectional area of the stream.

If we consider a single contraction, between a strip and collar, and let suffixes 1 and 2 refer to the conditions of the steam before and when passing through the clearance respectively, the above equations give

$$V_2^2 = 2gV_1 \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left(p_1^{1-\frac{1}{\gamma}} - p_2^{1-\frac{1}{\gamma}} \right) p_2^{1/\gamma} \quad (1)$$

in which we have assumed V_1 to be negligibly small.

* Paper read before the Applied Science Section of the University of Durham. Philosophical Society.

By differentiation we find that the weight of steam passing is a maximum, when

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 0.58 \text{ for dry steam,}$$

and then

$$V_2 = \sqrt{2g p_1 v_1 \frac{\gamma}{\gamma+1}}$$

$$= 5.84 \sqrt{p_1 v_1} \text{ for steam (2)}$$

The velocity given by this formula is equal to that of transmission of pressure in the fluid, and is commonly called the velocity of sound. When this velocity is reached, the pressure of the steam after passing the constriction ceases to have any influence on the quantity discharged. When the velocity is less than that of transmission of pressure, the pressure of the steam is the same in and after passing the constriction.

The dissipation of kinetic energy would tend to superheat the steam at reduced pressures. This is the usual effect of unresisted expansion or "wire-drawing" in a vapour. It is balanced by the adiabatic expansion which necessarily is accompanied by condensation, and by losses of heat due to conduction and radiation. It therefore seems reasonable and convenient to assume that the steam in each of the enlarged spaces between the rings is dry and saturated.

3. By applying the above theory to any labyrinth packing system we can show that, provided the pressure p_0 in the discharge-chamber is low enough in relation to the quantity discharged, the flow through the last constriction will be in accordance with equation (2). The velocities past the other clearances can be obtained from equation (1), and these are less as we recede from the final point of discharge. That this is so can be seen from the fact that the same weight must pass each clearance in a given time.

If A = sectional area of the stream as it passes the constrictions and W = weight discharged per second, we find from (1), with sufficient accuracy,

$$\frac{W}{A} = \frac{p_2}{34} \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{p_2}} (3)$$

Now suppose that we wish to design the

packing so that $\frac{W}{A}$ shall not exceed unity when W is in pounds per second and A in square inches. From equation (2) we find that, if the maximum velocity is to be attained, the pressure in the last pocket (which we now call p_z) must be about 69 lb. per square inch absolute. The pressure at discharge p_0 must therefore not be greater than $0.58 \times 69 = 40$ lb. per square inch.

[If p_0 were greater than this we would use equation (3) instead of (2).]

For the second constriction from the discharge end we have flown from some higher pressure p_y into a space at pressure $p_z = 69$.

Putting $\frac{W}{A} = \text{unity}$ in equation (3) we find

$$p_y = p_z + \frac{1156}{p_z} (4)$$

$$= 85.8 \text{ lb. per square inch.}$$

This, therefore, is the pressure in the second pocket from the discharge end of the packing.

In a similar manner, by successive applications of equation (4), we can find the pressures in all the pockets. The result can be conveniently represented by a curve having the number of rings (or constrictions) as abscissæ and the pressure as ordinates. Three such curves are given in Fig. 2. The values of $\frac{W}{A}$, namely, 0.5, 0.75 and 1, are given,

and the limiting pressures into which the final discharge occurs are found to be 20, 30, and 40 lb. per square inch respectively.

4. As an example of the use to which these curves may be put, let us take the case of a turbine with an initial pressure of 175 lb. absolute, and exhaust at about atmospheric pressure, and suppose these to be the pressures on the two sides of the dummy piston. Circumference of piston, 150 in. Clearance, 0.02 in. (hot). We wish to determine the number of rings necessary to limit the leakage to $2\frac{1}{4}$ lb. per second.

Here $W = 2\frac{1}{4}$; $A = 150 \times 0.02 = 3$ sq. in.; $\therefore \frac{W}{A} = 0.75$, and on reference to this curve we

find the number of rings for 175 lb. pressure to be 21.

As a second example, let the circumference

of a balance piston be 70 in.; pressures, 180 lb. and 85 lb. absolute; and clearance, 0.01 in. Steam leakage not to exceed 0.7 lb. per second.

$$\text{Here } \frac{W}{A} = 1.0,$$

and we are concerned with the portion of the curve from A to B. The number of rings necessary is that at 180 less than at 85 lb. pressure, or

$$13 - 2 = 11 \text{ rings.}$$

On account of the uncertainty which exists as to the exact clearances when a turbine is heated up, the absolute determination of the leakage must always be to some extent indeterminate. It may, however, be expected that the values given by the curves of Fig. 2 will be approximately correct relatively to one another.

(Engineering, July 22, 1910).

Motion of Projectile in a Resisting Medium.

By SEINEN YOKOTA.

When a solid of revolution is moving through a liquid, the couple tending to set it broadside on to direction of motion is

$$uv(A-B),$$

if u and v be the component velocities along and perpendicular to the axis, A and B be constants depending on the figure of the body, its mass, and the density of the liquid. So that the couple is

$$\frac{q_0^2}{2}(A-B)\sin 2\theta,$$

if q_0 be the resultant velocity, and θ the angle between the line of motion and the axis. Cf. Thomson and Tait's Natural Philosophy, Part I, § 324.

Now the couple acting on a projectile, which is moving in a resisting medium and whose axis makes an angle θ with the direction of flight, is generally assumed to be a constant multiplied by $\sin \theta$; and thus the problem is reduced to the case of a heavy symmetrical top under the force of gravity.

It occurred to me, therefore, that if we substituted for the couple the above expression,—namely, a constant multiplied by $\sin 2\theta$ —, a closer approximation to the actual case might be obtained.

I am indeed quite aware that in this kind of discontinuous motion, such as the flight of a projectile, the above law of $\sin 2\theta$ would not strictly apply. What I have in view is to show a method, by which we may approach the problem more closely than otherwise; to take another step towards its complete solution.

The effect of rotation of a projectile upon its path or its trajectory is to cause its oscillating drift, as is discussed on p. 247 *et seq.* of the "Compendium der theoretischen äusseren Ballistik" by C. Cranz. (Leipzig: Teubner, 1896.)

In the following investigation, I only consider the motion of projectile about its centre of mass.

Suppose the couple to be equal to $J \sin 2\theta$, where J is a constant for a given projectile moving at a given velocity of flight; then Euler's equations of motion become

$$\left. \begin{aligned} A \frac{dp}{dt} &= (B-C)qr + J \sin 2\theta \cos \varphi, \\ B \frac{dq}{dt} &= (C-A)r p - J \sin 2\theta \sin \varphi, \\ C \frac{dr}{dt} &= (A-B)p q, \end{aligned} \right\} (1)$$

in which A, B, C, p, q, r, θ , and φ have the usual meanings. (The notation is the same as in Webster's "The Dynamics of Particles and of Rigid, Elastic, and Fluid Bodies." Leipzig: Teubner, 1904.)

Multiplying the equations (1) by p, q , and r respectively and adding, we have after integration,

$$Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = h - J \cos 2\theta, \quad (2)$$

where h is the integration constant.

The constancy of angular momentum in the direction of flight gives

$$\begin{aligned} H_2' &= Ap \sin \theta \cos \varphi + Bq \sin \theta \cos \varphi \\ &\quad + Cr \cos \theta = \text{const.} \end{aligned} \quad (3)$$

For a projectile, $A = B$; thus from the last equation of (1), $Cr = \text{const.}$, and from (2) and (3),

$$p^2 + q^2 = \frac{h - Cr^2 - J \cos 2\theta}{A} \\ = a - a \cos 2\theta, \quad \dots \quad (2')$$

$$\sin \theta (p \sin \varphi + q \cos \varphi) = \frac{H'_2 - Cr \cos \theta}{A} \\ = \beta - b \cos \theta, \quad (3')$$

Hence,

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \sin^2 \theta \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 &= a - a \cos 2\theta, \\ \sin^2 \theta \frac{d\varphi}{dt} &= \beta - b \cos \theta. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

From these two equations, we have

$$\begin{aligned} (\beta - b \cos \theta)^2 + \sin^2 \theta \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 &= \sin^2 \theta (a - a \cos 2\theta), \text{ or, putting } z = \cos \theta, \\ \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 &= (1 - z^2) \{ a - a(2z^2 - 1) \} \\ - (\beta - bz)^2 &= f(z), \frac{d\varphi}{dt} = \frac{\beta - bz}{1 - z^2}. \end{aligned} \quad \left. \right\} \quad (5)$$

Let e_1, e_2, e_3 and e_4 be the roots of $f(z)$ in order of magnitudes. The roots e_2 and e_3 define the limiting circles and the four roots are connected by the relation

$$e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = 0. \quad \dots \quad (6)$$

The value of $f(z)$ must be positive between e_2 and e_3 and its value is $+\infty$ for $z = \pm\infty$; hence the roots of $f(z)$ must be all real for the existence of our problem.

The nature of $f(z)$ may be investigated as is done in Klein und Sommerfeld's "Ueber die Theorie des Kreisels." (Leipzig: Teubner, 1898.)

We have

$$\frac{f(z)}{1 - z^2} = -\frac{(\beta - bz)^2}{1 - z^2} - a + a - 2az^2. \quad (7)$$

If we put in this equation $z = e_2$, the left hand side must vanish, so that

$$0 = -\frac{(3 - be_2)^2}{1 - e_2^2} + a + a - 2ae_2^2. \quad (8)$$

The elimination of a between (7) and (8) results in

$$\frac{f(z)}{1 - z^2} = -\frac{(\beta - bz)^2}{1 - z^2} + \frac{(\beta - be_2)^2}{2 - e_2^2} \\ - 2a(z^2 - e_2^2).$$

Rewriting this equation, we find

$$f(z) = \frac{z - e_2}{1 - e_2^2} \left\{ -(\beta^2 + \beta^2)(z + e_2) + 2b\beta \right. \\ \left. (1 + e_2z) - 2a(1 - e_2^2)(z + e_2)(1 - z^2) \right\} \quad (9)$$

Consider

$$f_1(z) = -(\beta^2 + \beta^2)(z + e_2) + 2b\beta(1 + e_2z) \\ - 2a(1 - e_2^2)(z + e_2)(1 - z^2) = 0.$$

Take for ordinate the value of β and for abscissa that of z . The graph of $f_1(z)$ may be easily traced. The discriminant of $f_1(z)$ considered as a quadratic in β reduces to

$$\{b^2 - 2a(z + e_2)^2\}(1 - e_2^2)(1 - z^2).$$

Hence the vertical tangents to $f_1(z) = 0$ are

$$\text{I \& II, } z = \pm 1,$$

$$\text{III, } z = -e_2, \text{ an asymptote}$$

which cuts the curve at $\beta = 0$,

$$\text{IV \& V, } z = \pm \sqrt{\frac{b^2}{2a}} - e_2, \text{ the points}$$

of contact are given by $\beta = be_2 \pm \sqrt{2a(1 - e_2^2)}$.

We may here consider a projectile as strong when

$$\sqrt{\frac{b^2}{2a}} - e_2 > 1 \text{ or } \frac{b^2}{a} > 2(1 + e_2)^2, \text{ and as weak}$$

$$\text{when } \frac{b^2}{a} < 2(1 + e_2)^2.$$

Fig. 1 corresponds to a strong, and fig. 2 to a weak projectile. The dotted lines in these figures show the corresponding cases for an ordinary top under the force of gravity, supposing the same maximum couple to act in both cases.

From fig. 1 we see that for a strong projectile there are two values of β for a regular precessional motion; while from fig. 2 we learn that for a weak projectile there are either two such values or no such motion can occur

at all according as $\sqrt{\frac{b^2}{2a}} - e_2$ is greater or

less than e_2 , i.e., according as $\frac{b^2}{a}$ is greater

or less than $8e_2^2$.

A curious case may be observed when $\beta = 0$. Then, for both strong and weak projectiles, the limiting circles are given by $z = \pm e_2$; and by (5), the values of $f(z)$ are symmetrical about the plane $z = 0$, while $\frac{d\varphi}{dt}$ changes sign in passing the circle $z = 0$

and its absolute value remains the same for a positive and the same negative value of z . Hence the axis of projectile describes a closed cone between the limits $z = \pm e_2$ and between

certain fixed values φ_1 and φ_2 of φ . This cone has consequently the planes of symmetry

$$z=0 \text{ and } \varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}.$$

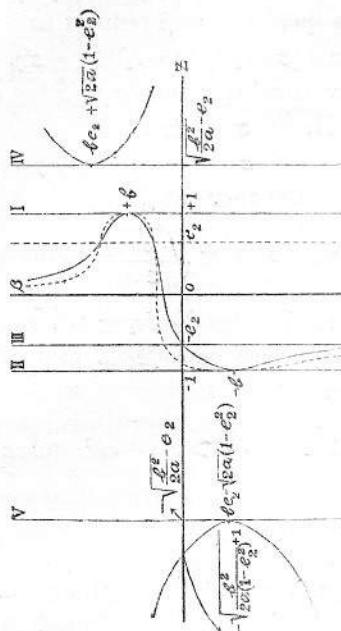


Fig. 1. Strong Projectile.

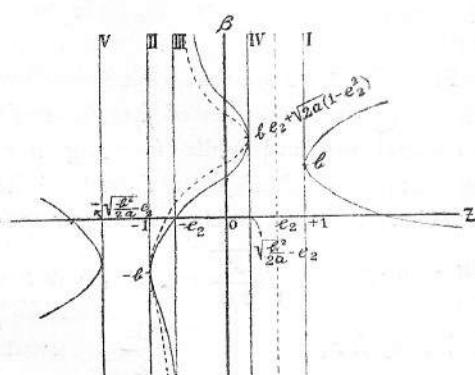


Fig. 2. Weak Projectile.

The air resistance which defines the value of a for a given projectile varies at low speeds as a lower power than the second of the velocity of flight, as the second power at about 250 metres per second, and then as a higher power than the second of the velocity. From about 400 metres per second the resistance again varies as the square of the velocity and then gradually as a lower power than the second up to 1000 metres per second or more.

On the other hand, the value of b varies as the velocity of flight for a given gun.

Hence, broadly speaking, $\frac{b^2}{a}$ increases with

the velocity, except in the vicinity of the velocity of sound; i.e., between 250 to 400 metres per second. In this last case a strong projectile might turn into a weak projectile.

Reciprocally speaking, a projectile of decreasing velocity always tends to be weak if b varies as velocity, except near the velocity of sound, where it tends to be strong.

The case when $e_2 = 1$, namely, the case when the axis of projectile coincides with the direction of flight at one instant, may conveniently be treated separately, and the problem of stability of a projectile discussed as a consequence.

We have

$$f(z) = (1 - z^2)(a + a - 2az^2) - (\beta - bz)^2. \quad (5)$$

If $z = e_2 = 1$, $f(e_2)$ must vanish, so that

$$\beta = b. \quad (10)$$

Denoting by $[\theta_0]$, the angular velocity $\frac{d\theta}{dt}$ when the axis coincides with the direction of flight, we have from (4),

$$[\theta_0]^2 = a - \alpha. \quad (11)$$

Inserting these relations (10) and (11) in (5), we get

$$f(z) = (1 - z) \left\{ (1 + z) \left[[\theta_0]^2 + 2a(1 - z^2) \right] - b^2(1 - z) \right\}.$$

Consider

$$f_2(z) = (1 + z) \left[[\theta_0]^2 + 2a(1 - z^2) \right] - b^2(1 - z) = 0,$$

$$\text{or, } f_2(z) = [\theta_0]^2(1 + z) - (1 - z) \{ b^2 - 2a(1 + z)^2 \} = 0. \quad (12)$$

Taking for ordinate the value of $[\theta_0]$ and for abscissa that of z , the graph of $f_2(z)$ may be traced.

The discriminant is given by

$$(1 - z^2) \{ b^2 - 2a(1 + z)^2 \}.$$

Hence the vertical tangents to the curve are

$$\text{I, } z = 1, \text{ point of contact: } [\theta_0] = 0,$$

$$\text{II, } z = -1, \text{ point of contact: } [\theta_0] = \pm \infty,$$

$$\text{III \& IV, } z = \pm \sqrt{\frac{b^2}{2a}} - 1,$$

point of contact: $[\theta_0] = 0$.

Fig. 3 shows the graph for a strong, and fig. 4 for a weak, projectile. The dotted lines show corresponding cases for an ordinary top.

From these figures we note that a strong projectile is stable and a weak projectile is unstable, so that for a stable projectile we must have

$$\sqrt{\frac{b^2}{2a}} - 1 > 1$$

$$\text{or, } \frac{b^2}{a} > 8.$$

Under the supposition of the same maximum couple, above mentioned, a projectile is less stable than a top under the force of gravity.

If one root e_3 of $f_2(z)$ be zero, the corresponding value of $[\theta_0]$ is $\pm\sqrt{b^2 - 2a}$. This value of $[\theta_0]$ coincides with that in the case for an ordinary top.

The numerical calculations may be effected as follows:

We have

$$f(z) = 2a(z - e_1)(z - e_2)(z - e_3)(z - e_4).$$

Therefore,

$$t = \frac{\sqrt{2k}}{\sqrt{a(e_2 - e_3)(e_1 - e_4)}} \int \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2 \cdot 1 - k^2 x^2}},$$

$$\text{if } \frac{1-k}{1+k} = \sqrt{\frac{(e_1 - e_2)(e_3 - e_4)}{(e_2 - e_4)(e_1 - e_3)}},$$

$$\text{and } \frac{z - e_2}{z - e_3} = -\sqrt{\frac{(e_1 - e_2)(e_3 - e_4)}{(e_1 - e_3)(e_3 - e_4)}} \cdot \frac{1-x}{1+x}.$$

Taking the proper limits of the integration, we get

$$t = \frac{\sqrt{2k}}{\sqrt{a(e_2 - e_3)(e_1 - e_4)}} \left\{ \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2 \cdot 1 - k^2 x^2}} - \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{1 - x^2 \cdot 1 - k^2 x^2}} \right\}; \quad (13)$$

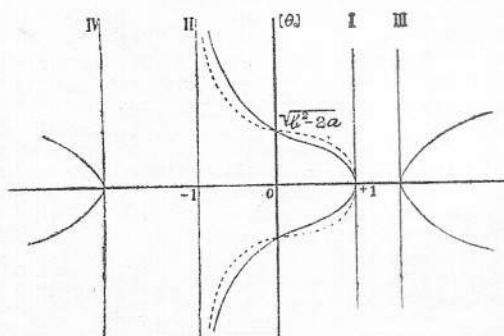


Fig. 3. Strong Projectile.

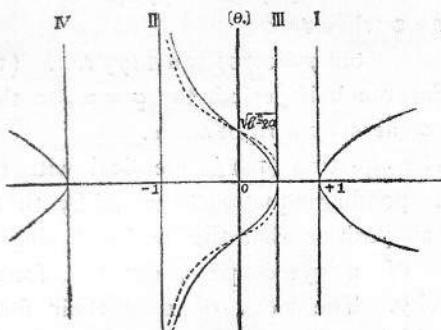


Fig. 4. Weak Projectile.

$$\text{or, } x = \sin(K - u t),$$

$$\text{if } u = \sqrt{\frac{a(e_2 - e_3)(e_1 - e_4)}{2k}}.$$

Hence φ may be found as a function of t .

As an example, take the case in the paper by Terada and Okochi, read before this society, Oct., 1908. Here we have $e_2 = 1$ and $e_3 = 0$, so that

$$f(z) = 2az(1-z) \left\{ \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{b^2}{a}} - \frac{1}{2} - z \right\} \left\{ \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{b^2}{a}} + \frac{1}{2} + z \right\},$$

and again

$$e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = 0. \dots \dots \dots (6)$$

The values of a and b , according to their calculations, are

$$a = \frac{20.3 \times 10^3}{2} = 10.15 \times 10^3,$$

$$b = 1.66 \times 10^3.$$

Using these values, we find

$$K = 0.0303.$$

Hence the elliptic integrals in (13) degenerate into ordinary integrals and, since in this case

$$x = 2z - 1, \text{ and } u = 2350,$$

we have

$$2z - 1 = \sin\left(\frac{\pi}{2} - 2350t\right) = \cos 2350t,$$

$$\text{or, } z = \frac{1}{2}(1 + \cos 2350t) \dots (14)$$

The half period is $\frac{\pi}{2350} = 0.00134$ second.

On the other hand,

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{b}{1+z} = \frac{2b}{3+\cos 2350t}.$$

$$\therefore \varphi = 2b \int \frac{dt}{3+\cos 2350t}$$

$= \tan^{-1} \{0.707 \tan 1175 t\}$,
 if $\varphi = 0$ when $t = 0$;
 or, $\tan \varphi = 0.707 \tan 1175 t \dots (15)$

For the half period, $\tan \varphi = \infty$, so that φ increases by a right angle.

The equation (14) is identical with the corresponding equation obtained by them on the supposition that the motion is similar to that of a gyroscope under the force of gravity. The value of n in their formula should be 2350, instead of 2280 as printed in the Proceedings above mentioned. The coincidence of their result with mine in this case is partly due to the large value of $\frac{b^2}{a}$ ($= 272$) compared with 1, and the consequent neglect of small quantities; but the main cause lies in the fact that for each the average value of the upsetting couple during the half period chanced to be equal. The value of $[\theta_0]$ in their case becomes equal to $[\theta_0]$ in mine as is observable in fig. 3.

(*Tōkyō Sūgaku-Butrigakkai*)

船 造 協 會 會 報 附 錄 第 二 號

DETAILS OF FISHING AND COMMERCIAL MOTOR VESSELS.

No.	Description.	Details of hull. &c.								Details of Machinery.								$C = \left(\frac{V^3 D^2}{P} \right)$	
										Engine				Propeller					
		L.O.A.	L. (L.W.L.)	B.	(Beam)	Dit (extreme)	Lift (M an)	D (Dip.)	Bl. Co.	V Speed.	P (B.H.P.)	Revs.	Dia.	No. Bids.	Type.	B L	P D	V V/L	D _{2/3}
1	Scotch Ketch Drifter ...	74.5	65.0	19.0	8.2	6.3	57.0	.270	8.00	60	550	30	3	Solid	.292	1.05	.99	14.82	127
2	" " "	73.0	64.0	17.5	8.0	6.6	57.0	.270	7.50	73	290	—	—	—	.274	1.28	.94	18.82	66
3	" " "	75.0	66.0	19.0	9.5	7.8	75.0	.270	7.75	60	550	—	2	Foldg.	.288	.80	.95	17.81	133
4	" " "	75.0	66.0	21.0	9.0	7.4	73.0	.250	8.50	65	450	36	2	Solid	.318	.89	1.04	17.47	177
5	Scotch Power Drifter ...	82.0	72.0	18.0	9.5	7.8	80.0	.300	8.40	80	500	—	3	—	.250	.94	.99	19.45	144
6	" " "	82.0	72.0	18.0	9.5	7.8	86.0	.300	7.50	65	405	—	—	—	.250	.76	.88	19.45	119
7	Swedish Ketch Drifter ...	60.0	57.0	19.2	7.3	5.5	74.5	.330	8.40	80	325	—	—	—	.337	1.07	1.11	17.64	131
8	Zulu Lugger Drifter ...	65.0	58.0	17.0	7.75	6.3	46.0	.250	7.16	50	500	—	—	—	.294	1.08	.94	12.82	95
9	" " "	65.0	58.0	17.0	7.75	6.3	46.0	.250	6.83	34	500	—	—	—	.294	.74	.93	12.82	120
10	" " "	80.0	70.0	20.0	8.5	6.8	72.0	.250	7.20	36	530	34	3	Solid	.286	.50	.85	17.30	179
11	" " "	79.0	70.0	20.0	9.5	7.6	79.0	.250	5.80	38	290	—	—	—	.286	.46	.69	18.40	95
12	" " "	78.0	69.2	19.0	9.5	7.6	72.0	.250	9.00	60	500	—	—	—	.275	.83	1.08	17.30	210
13	" " "	79.0	70.0	20.0	9.5	7.6	70.0	.235	9.00	60	500	—	—	—	.286	.76	1.07	16.97	206
14	" " "	85.0	75.4	21.0	10.25	8.2	97.0	.235	9.00	80	500	—	—	—	.279	.83	1.03	21.07	192
15	" " "	72.0	64.5	19.0	9.4	7.5	68.0	.235	8.50	60	550	—	3	Solid	.295	.88	1.04	20.12	123
16	Fife ...	56.0	54.0	19.0	8.0	7.0	47.0	.235	5.60	20	400	—	—	—	.352	.42	.76	13.03	114
17	" " "	62.0	60.0	19.0	8.5	7.4	57.0	.235	5.60	30	400	—	—	—	.317	.55	.72	14.82	87
18	" " "	62.0	60.0	19.0	8.5	7.4	57.0	.235	6.83	36	390	—	—	—	.317	.65	.89	14.82	132
19	" " "	64.0	62.0	19.0	8.0	7.0	55.0	.235	6.10	30	400	—	—	—	.308	.55	.77	14.44	109
20	" " "	70.0	67.0	19.0	8.5	7.4	62.0	.235	6.50	36	390	—	—	—	.284	.57	.80	15.48	121
21	" " "	72.0	71.0	21.0	8.0	7.0	70.0	.235	5.10	25	300	—	2	Revers	.296	.36	.62	16.97	90
22	" " "	70.0	67.0	19.0	8.0	7.0	68.0	.235	7.50	36	390	—	2	—	.284	.63	.93	16.65	198
23	" " "	61.0	63.0	20.0	7.75	6.8	55.0	.235	8.00	60	500	—	—	—	.333	1.09	1.03	14.44	123
24	" " "	63.0	62.2	19.5	8.0	7.0	59.0	.235	8.25	60	500	—	—	—	.314	1.01	1.04	15.13	142
25	" " "	65.0	64.0	19.0	7.5	6.6	54.0	.235	8.75	50	500	—	—	—	.297	.93	1.09	14.29	191
26	" " "	68.0	67.0	18.5	7.0	6.2	52.0	.235	9.70	60	500	—	—	—	.276	1.15	1.10	13.91	169
27	Cornish Lugger ...	60.0	54.0	14.0	6.0	5.0	32.0	.300	6.50	20	400	—	—	—	.259	.62	.88	10.08	138
28	Irish Ketch ...	50.0	47.0	14.0	6.0	5.0	28.0	.300	6.70	20	450	—	2	Rev.	.298	.71	.89	9.24	138
29	Ostend ...	77.7	66.5	18.4	9.7	8.8	89.0	.3	4.6	34	300	—	2	—	.277	.34	.74	19.89	126
30	Lowestoft ...	67.0	60.0	17.3	8.0	6.5	64.0	.330	6.50	35	220	—	3	Solid	.288	1.55	.80	16.00	125
31	Ostend Sailing Trawler ...	85.0	72.0	20.0	9.5	8.4	114.0	.338	5.25	34	300	—	2	Rev.	.278	.30	.62	23.52	100
32	French Long-line Schooner ...	118.0	96.0	26.7	13.0	11.0	240.0	.300	8.50	240	300	—	—	—	.278	1.00	.87	38.56	99
33	" Ketch ...	48.0	41.5	14.0	7.5	4.5	25.0	.300	6.70	25	300	—	2	Rev.	.338	1.00	1.04	8.53	102
34	Scotch Local Fishing Boat ...	40.0	37.0	11.5	6.5	5.2	14.0	.220	4.27	7	900	—	—	—	.311	.50	.70	5.80	64
35	" (23 Boats) ...	34.0	31.5	10.5	6.0	4.8	10.0	.220	4.50	7	900	—	—	—	.334	.70	.80	4.62	60
36	" (4 Boats) ...	32.0	29.6	8.0	4.0	3.2	6.0	.300	5.00	7	900	—	—	—	.270	1.08	.92	3.50	63
37	" ...	25.0	23.0	7.0	4.7	3.8	4.0	.225	6.90	7	900	—	—	—	.304	1.75	1.43	2.52	118
38	" ...	35.0	32.5	10.0	4.5	3.6	7.5	.225	6.10	7.5	1000	—	—	—	.308	1.00	1.08	3.84	86
39	Welsh Local Fishing Boat ...	40.0	36.0	11.0	5.0	3.4	11.0	.260	7.00	9	450	—	2	Rev.	.334	.82	1.16	4.93	202
40	Irish ...	37.0	33.5	10.0	4.0	3.3	10.0	.316	6.90	12	450	—	2	Rev.	.299	1.20	1.19	4.62	126
41	" ...	40.0	36.0	10.0	5.5	4.6	14.0	.300	7.40	16	400	—	—	—	.278	1.29	1.23	5.80	147
42	" ...	39.0	35.0	11.0	5.5	4.6	15.0	.300	7.00	16	400	—	—	—	.314	1.07	1.18	6.08	130
43	" ...	45.0	40.0	13.5	6.0	5.0	23.0	.300	6.05	12	450	—	—	—	.338	.52	.97	8.06	148
44	" ...	37.5	33.0	9.8	4.5	3.4	17.0	.30	7.00	15	650	—	2	Solid	.297	1.25	1.22	5.24	119
45	Cornish ...	30.0	29.0	10.0	4.0	3.5	9.0	.330	6.5	12	400	—	2	Rev.	.345	1.33	1.26	4.33	121
46	" ...	30.0	29.0	10.0	4.0	3.5	9.0	.330	4.50	7	450	—	2	Rev.	.345	.70	.82	4.33	56
47	" ...	40.0	36.0	13.0	6.7	5.4	18.8	.2	5.80	10	800	—	2	Solid	.361	.62	.97	6.35	124
48	" ...	31.0	30.0	9.5	4.0	3.0	8.0	.330	7.25	12	440	—	—	—	.316	1.50	1.32	4.09	127
49	" ...	32.0	31.3	8.5	4.6	3.9	7.6	.260	6.50	9	450	—	2	Rev.	.271	1.18	1.16	4.32	132
50	Norfolk ...	34.0	32.5	9.7	4.5	3.7	11.5	.300	7.40	15	750	—	2	Rev.	.298	1.30	1.30	5.06	136
51	Hull ...	30.0	29.0	6.5	3.5	2.8	5.5	.300	5.20	8	900	—	—	—	.224	1.45	.97	3.09	55
52	Hull ...	30.0	29.0	8.0	4.0	3.3	7.0	.273	5.10	8	450	—	2	Rev.	.276	1.14	.97	3.65	61
53	Scilly ...	31.0	27.0	9.2	3.0	2.4	4.5	.295	7.40	14	450	—	—	—	.341	3.35	1.42	2.72	79
54	Oyster Dredger ...	50.0	45.0	14.0	5.0	4.0	21.0	.190	6.00	17	400	—	2	Rev.	.312	.81	.89	7.62	97
55	" Launch ...	28.0	26.5	7.0	2.2	1.5	2.2	.277	6.80	7	450	—	—	—	.264	3.17	1.33	1.69	76
56	Trading Schooner ...	120.0	103.0	20.0	7.0	6.8	254.0	.60	3.0	30	300	—	3	Solid	.185	1.18	.38	40.07	79
57	" ...	175.5	160.0	21.5	9.0	8.8	560.0	.650	5.00	52	—	—	2	Rev.	.134	.095	.40	67.90	163
58	" ...	96.0	90.0	21.0	9.3	8.7	300.0	.640	4.50	20	330	—	—	Solid	.231	.057	.47	44.76	203
59	" ...	78.5	71.0	20.6	8.5	8.0	203.0	.600	4.25	26	290	—	—	—	.290	.130	.50	34.22	100
60	" ...	93.0	87.0	23.5	10.5	9.5	302.0	.550	5.50	47	360	—	—	—	.270	.154	.59	45.02	159

DETAILS OF FISHING AND COMMERCIAL MOTOR VESSELS. (Continued.)

No.	Description.	Details of hull. & c.										Details of Machinery.						$C = \frac{V^3 D^2}{P}$	
		L.O.A.	L. (L.W.L.)	B (Beam).	Dft (extreme).	Dit (Mean).	D (Disp).	Bl. Co.	V Speed.	inch	Engine		Propeller		B L	P D	V \sqrt{L}	D _A	
											Rev.	Revs.	Dia.	No. Bids.	Type.				
61	Trading Schooner	102.0	93.0 22.0	9.5 9.0	316.0	.600	5.50	56	290	—	—	.237	.177	.57	46.38	137			
62	" " "	174.0	153.0 27.0	10.2 10.0	73.0	.600	7.75	190	160	—	Rev.	.176	.218	.63	81.36	198			
63	Trading Ketch	91.0	87.0 21.0	8.0 7.8	272.0	.670	5.00	38	20	—	Solid	.242	.139	.54	41.99	138			
64	U. S. Survey Brigantine ...	155.5	137.0 33.0	12.9 11.5	568.0	.400	6.00	150	—	—	—	.241	.264	.52	68.56	99			
65	Dutch Coaster Yacht ...	86.0	71.0 17.9	7.3 6.8	115.0	.610	7.75	40	300	—	—	.252	.347	.92	23.62	272			
66	Irish Pilot Vessel ...	76.0	64.5 18.0	9.0 6.5	64.5	.300	6.00	30	300	—	2 Rev.	.279	.465	.75	16.08	116			
67	British Pilot Vessel ...	70.0	60.0 16.5	9.0 6.5	90.0	.490	6.25	38	—	—	—	.275	.423	.81	20.07	129			
68	" " "	69.0	59.0 18.0	9.0 6.5	65.0	.330	6.50	38	—	—	—	.305	.585	.85	16.16	117			
69	" " "	69.0	59.0 18.0	9.0 6.5	65.0	.330	6.50	38	—	—	—	.305	.585	.85	16.16	117			
70	Lighter	164.0	164.0 25.0	5.5 5.5	485.0	.750	6.00	120	—	—	—	.154	.248	.47	61.78	111			
71	Dutch Lighter (Coasting) ...	86.0	81.0 17.9	7.5 7.5	230.0	.750	5.40	35	290	—	Solid	.221	.152	.60	37.58	169			
72	" " "	80.0	76.0 17.0	5.5 5.5	142.0	.700	4.00	20	20	—	"	.224	.1.0	.45	27.23	87			
73	" " "	63.0	59.0 14.7	4.7 4.4	60.0	.550	7.00	40	290	—	"	.249	.670	.91	15.32	131			
74	British Lighter (Coasting) ...	55.0	52.0 12.3	3.5 3.2	35.0	.600	7.20	26	200	—	"	.237	.742	1.00	10.9	153			
75	Dutch Lighter (Coasting) ...	74.0	70.0 19.5	4.6 4.5	123.0	.700	4.50	28	300	—	"	.279	.230	.52	24.70	80			
76	British Lighter (Coasting) ...	80.0	76.0 19.2	8.0 7.9	240.0	.700	8.00	130	450	36	3	.253	.554	.92	38.56	151			
77	U. S. Oil Lighter ...	188.0	180.0 37.0	10.0 9.8	1230.0	.666	—	500	—	—	"	.205	.406	—	24.70	—			
78	Dutch Lighter	101.7	95.0 18.0	4.3 4.2	143.0	.700	5.50	50	375	—	"	.190	.383	.56	27.35	91			
79	Swedish Lighter ...	47.8	45.0 15.2	3.3 3.3	45.0	.700	7.00	40	325	—	"	.338	.180	1.04	12.74	110			
80	French Lighter ...	150.0	150.0 18.0	6.0 6.0	346.0	.750	4.30	35	300	—	"	.110	.101	.35	49.28	111			
81	British Lighter	80.0	80.0 18.0	6.8 6.7	192.0	.700	6.10	45	260	—	"	.225	.190	.68	33.29	167			
82	Oil Tank Lighter ...	60.0	60.0 18.0	4.5 4.5	93.0	.670	5.50	45	600	—	"	.300	.485	.71	20.07	74			
83	" " "	60.0	60.0 18.0	2.0 1.6	33.0	.650	6.25	45	600	—	"	.300	1.365	.81	10.30	56			
84	" " "	85.0	85.0 18.0	4.5 4.5	137.0	.700	6.50	68	600	—	"	.212	.497	.71	64.34	270			
85	Sheffield Keel	60.5	60.5 15.3	6.0 6.0	120.0	.700	5.00	24	300	—	2 Rev.	.253	.200	.64	24.30	127			
86	" (towing two loaded keels) ...	60.5	60.5 15.3	6.0 6.0	360.0	.700	2.20	24	300	—	"	.253	.067	—	50.55	22			
87	Lighter	55.0	52.0 16.3	6.3 6.0	87.0	.600	7.00	38	290	—	Solid	.314	.438	.91	19.62	177			
88	Canal Barge ...	70.0	70.0 7.5	4.0 4.0	45.0	.700	5.20	15	500	—	"	.107	.333	.62	12.67	110			
89	" " "	70.0	70.0 14.0	4.5 4.5	84.0	.750	4.30	20	—	—	"	.200	.238	.51	19.18	76			
90	" " "	75.0	75.0 15.0	4.0 4.0	96.0	.750	4.30	20	—	—	"	.200	.04	.50	20.98	83			
91	Canal Barge	57.0	57.0 6.0	3.0 3.0	22.0	.750	2.50	10	—	—	"	.105	.454	.33	7.84	12			
92	Shallow Draught Turret Boat ...	60.0	59.0 11.0	9.7	9.5	.660	7.00	20	450	—	Solid	.187	2.110	.91	4.49	77			
93	" " "	56.0	55.0 9.0	1.2 1.15	1.0 1.0	.740	8.05	38	575	3	"	.163	3.440	1.08	24.80	80			
94	Shallow Cargo and Passenger Vessel ...	48.0	48.0 11.0	2.0 1.8	15.0	.500	7.40	30	600	—	"	.229	2.000	1.07	6.10	82			
95	Tug and Cargo Vessel ...	90.0	86.0 16.0	7.5 7.3	114.0	.400	7.80	85	260	—	Solid	.186	.850	.84	23.52	131			
96	Tug	50.0	46.0 10.0	6.5 5.5	21.7	.300	9.75	80	500	—	"	.218	3.680	1.36	7.72	76			
97	" " "	40.0	37.0 8.5	4.0 3.5	15.7	.500	9.50	80	600	24	3	.230	5.100	1.56	6.25	67			
98	" " "	45.5	40.0 8.0	4.5 3.5	15.0	.470	8.94	40	650	28	3	.200	2.660	1.41	6.10	121			
99	" " "	32.5	32.5 7.8	2.7 2.5	6.3	.350	7.75	30	600	—	"	.240	4.750	1.36	3.35	52			
100	" (Canal)	45.0	39.0 7.0	3.5 3.0	13.0	.550	8.00	28	300	—	"	.179	2.150	1.28	5.52	100			
101	“(Towing 12 Barges = 400 Tons) ...”	45.0	39.0 7.0	3.5 3.0	13.0	.550	1.80	28	300	—	"	.179	.669	—	54.46	114			
102	Chain Haulage Tug (Punt) ...	30.0	28.0 7.75	1.0 1.0	4.9	.772	2.50	16	450	—	"	.276	.328	—	2.89	3.0			
103	Chain Towing 8 Punds = 100 tons ...	30.0	28.0 7.75	1.0 1.0	105.0	7.2	2.50	16	40	—	"	.276	.152	—	22.28	22.0			
104	Tag	45.0	41.0 11.0	5.5 5.0	22.5	5.0	7.80	60	20	—	Solid	.268	2.660	1.22	7.95	64			
105	Tug and Passenger Boat ...	45.0	41.0 9.0	3.5 3.3	13.0	.350	7.00	12	280	—	"	.219	.925	1.12	5.52	171			
106	Cargo and Passenger Boat ...	47.0	42.0 12.0	3.0 3.0	20.0	.460	7.40	45	700	26	3	.286	2.250	1.14	7.34	66			
107	Mails and Passenger Boat ...	145.0	140.0 24.0	6.5 5.8	107.0	.300	12.00	300	500	—	3	.171	1.800	1.06	30.36	175			
108	" " "	100.0	96.0 18.0	5.5 5.0	74.0	.300	12.00	200	500	—	3	.188	2.700	1.22	17.64	152			
109	" " "	71.0	68.0 14.0	4.5 4.0	33.0	.300	10.80	130	500	—	3	.206	3.430	1.31	10.30	100			
110	" " "	100.0	93.5 16.0	4.5 4.5	85.0	.440	10.20	152	265	twin	—	.171	2.500	1.08	15.52	110			
111	" " "	50.0	46.5 10.0	3.4 3.0	13.0	.350	7.80	45	300	—	"	.215	3.460	1.14	5.52	58			
112	" " "	77.5	70.0 13.0	2.0 2.0	18.5	.360	10.65	100	800	26	3	Solid	.186	5.420	1.28	6.97	85		
113	" " "	40.0	40.0 9.0	3.0 3.0	5.0	.300	10.45	45	680	27	3	"	.225	9.000	1.66	2.92	74		
114	" " "	60.0	56.0 15.0	4.5 4.0	29.0	.300	8.70	40	350	—	"	.268	1.380	1.16	9.42	154			
115	" " "	60.0	56.0 10.0	3.5 3.0	14.3	.300	7.80	20	500	—	—	.179	1.400	1.04	5.89	140			
116	Despatch Boat (in shoal water) ...	50.0	46.0 9.0	4.2 3.5	9.7	.235	8.80	65	500	—	—	.195	6.700	1.30	4.55	48			
117	Despatch Boat (deep water) ...	50.0	46.0 9.0	4.2 3.5	9.7	.235	10.40	65	500	—	—	.195	6.700	1.54	4.55	70			
118	" " "	55.0	55.0 9.0	3.5 2.9	11.0	.270	10.87	60	575	33	3	Solid	.163	5.450	1.72	4.93	106		
119	" " "	55.0	55.0 9.0	3.0 3.0	13.0	.300	14.15	200	700	32	3	"	.163	15.260	1.91	5.52	75		
120	" " "	75.0	75.0 12.0	3.5 2.0	16.0	.300	16.50	120	500	—	—	.160	7.520	1.86	6.35	237			

(Page's Weekly May 20, 1910).

明治四十三年十二月十七日印刷

明治四十三年十二月二十日發行

發行所

東京市京橋區山城町十五番地

工學會內

造船協會

編輯兼發行者

沖野定賢

東京府豐多摩郡澁谷町
大字下澁谷二二九

齋藤仙吉

東京市芝區新錢座町十番地

印 刷 者

近藤商店店

東京市芝區新錢座町十番地

印 刷

所