

(昭和 32 年 7 月 20 日造船協会講演会に於て講演)

正しい船型条件による造波抵抗理論の新展開

(第 3 報)

正 員 乾 崇 夫*

A New Theory of Wave-Making Resistance, Based on the Exact Condition
of the Surface of Ships (The Final Report)By Takao INUI, *Member*

Abstract

In this final report, the measured total resistance of eight floating models S-101-102-201-202 (strictly corresponding models) and A-101-102-201-202 (approximately corresponding models) is given together with the calculated total resistance for the former four models (S-series models). Through these comparisons the following conclusions are obtained:

(1) For the purpose of quantitative application of the wave-making theory, we have to treat with the boundary condition on the surface of a model more exact than the so-called Michell's approximation.

(2) The viscosity of water has a great importance to the wave-making of after hull body. Its effect can be simply represented by (β, δ) correction which is to be applied to the asymptotic characteristics of the stern free waves in the far rear of the model.

(3) Besides the above, the following corrections are also found as indispensable:

(3a) The sheltering or the self-interference correction factor α' due to the finite breadth of the hull which is to be applied to the pre-caused bow waves.

(3b) The finite amplitude correction factor γ which is to be applied to the full forms with large angle of entrance.

(4) Thus the calculated wave-making resistance coefficient is finally given as:

$$C_w = \eta_1 C_w(1) + \eta_2 C_w(2),$$

where

$C_w(1)$ = the steadily increasing or fundamental term in C_w

$C_w(2)$ = the oscillating or interference term in C_w , in whose argument the shifting correction factor δ being introduced

$$\eta_1 = \frac{1}{2}(\gamma^2 + \beta^2) = \frac{\gamma^2}{2}(1 + \beta'^2)$$

$$\eta_2 = \alpha' \cdot \gamma \beta = \alpha' \cdot \gamma^2 \beta'$$

with

$$\beta' = \beta/\gamma$$

(5) The correction factors which have been obtained from wave resistance comparison show a reasonable relation with the fineness of the models as well as with Froude number.

They also show good coincidence both with the observed wave profiles and with the photographic observations of the stern wave separation.

1. 水上模型船による全抵抗の測定

第 2 報⁽¹⁾において求めた 4 種の S 系理論船型 (S-101-S-102-S-201-S-202) および、それのもとになっている直線状 source 分布が、在来の Michell 理論の近似度において対応すると考えられる 4 種の A 系近似船型 (A-101-102-201-202), 計 8 隻の水上模型船の全抵抗測定を行った。ガイドは平行ガイドを使用し、トリムのみ

原稿受付, 1 月 10 日

* 東京大学工学部, 船舶工学科教室

を拘束し、重心の上下の浮沈は自由にこれを許した。ここには紙面の都合上 S 系理論船型 4 隻についての結果のみを Figs. 1~4 に掲げる。図の白点は実測値、実曲線は後述の粘性修正、船体自己干渉修正および非線型修正を考慮した計算値を friction line の上に重ねたものである。両者の一致は非常によい。

Fig. 5 には、在来の Michell 理論が船型条件の近似度が悪いために、上のような良好な一致をもたらさない事情を示すために、1 例として、S-101 と A-101 との造波抵抗係数値を、なんらの修正を施さない理論値とともに重ねて比較した。両実測値が $F \approx 0.34$ で交叉し、A-101 の方が S-101 に比し、それより低速では過小に、高速では過大にでている。その結果、たとえば $F=0.50$ あたりの last hump では、実測値は、粘性のために理論値より必ず小さくならねばならないところを、反対にこれよりも大きくなってしまっている。これに対し、S-101 の実験値は全 F 数域を通じて、粘性流体中にあるべき当然の挙動を示している。ここには省略したが、

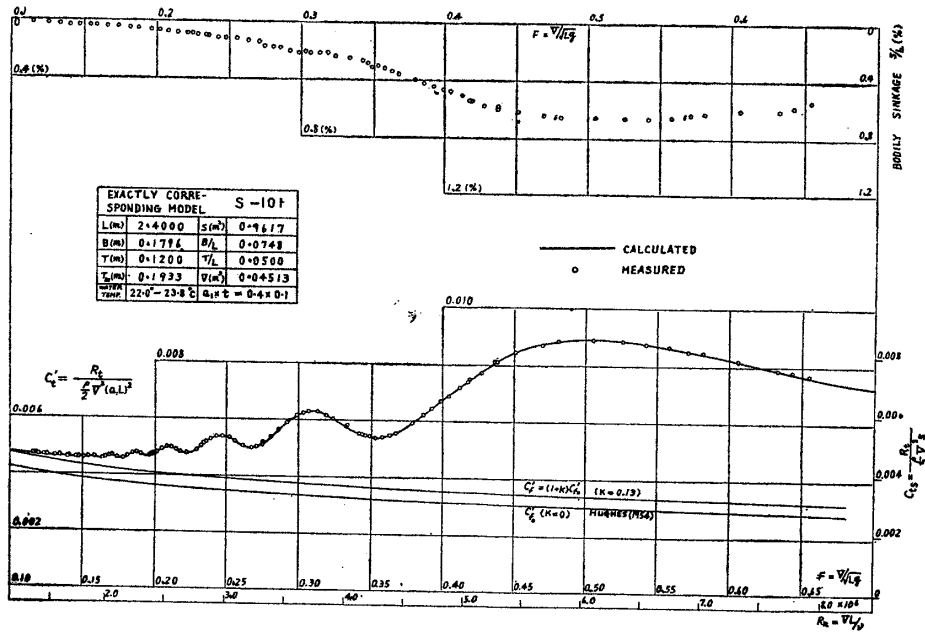


FIG. 1—Measured & Calculated Total Resistance Coefficients of the Floating Model S-101

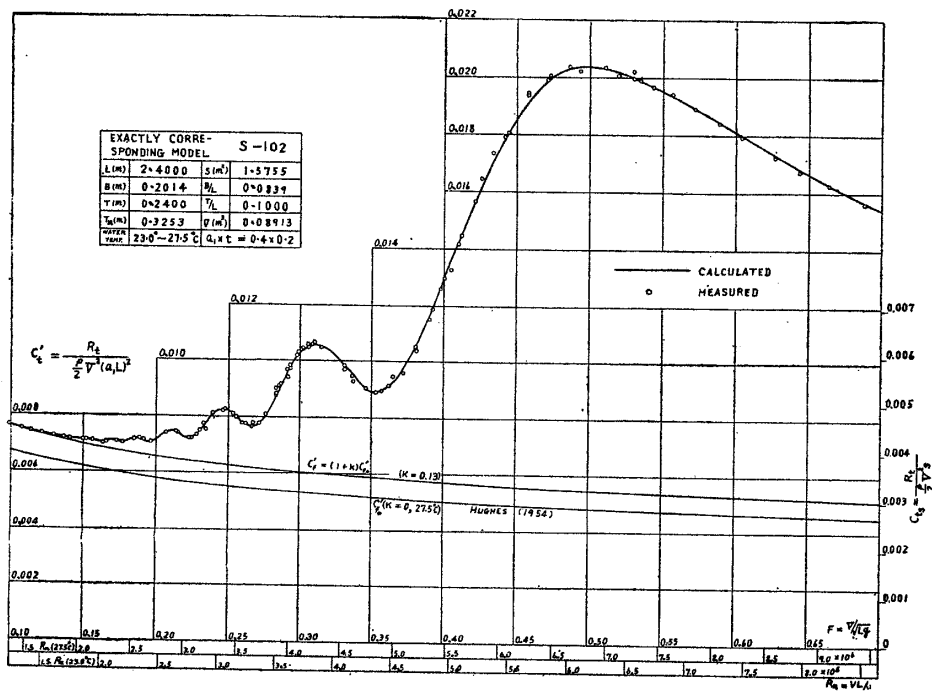


FIG. 2—Measured & Calculated Total Resistance Coefficients of the Floating Model S-102

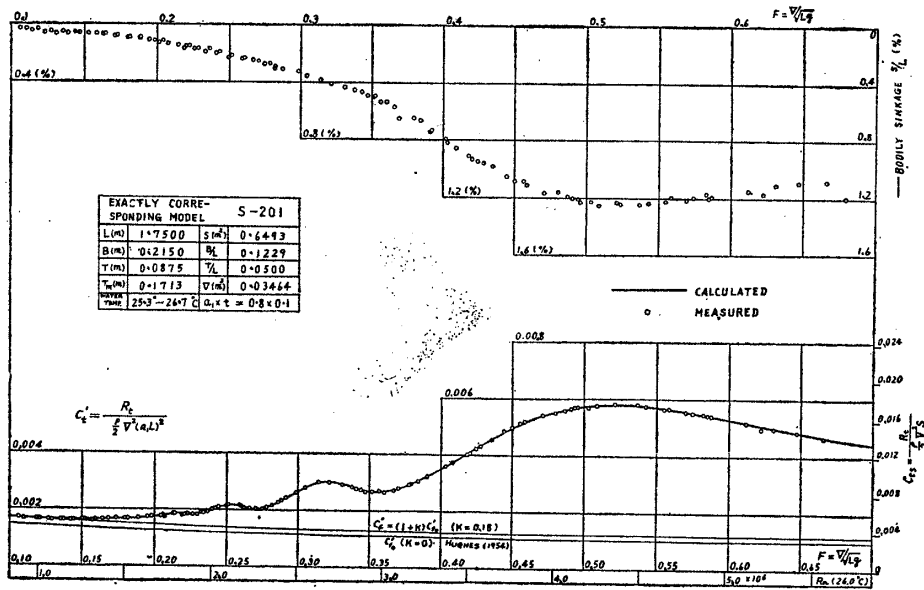


FIG. 3—Measured & Calculated Total Resistance Coefficients of the Floating Model S-201

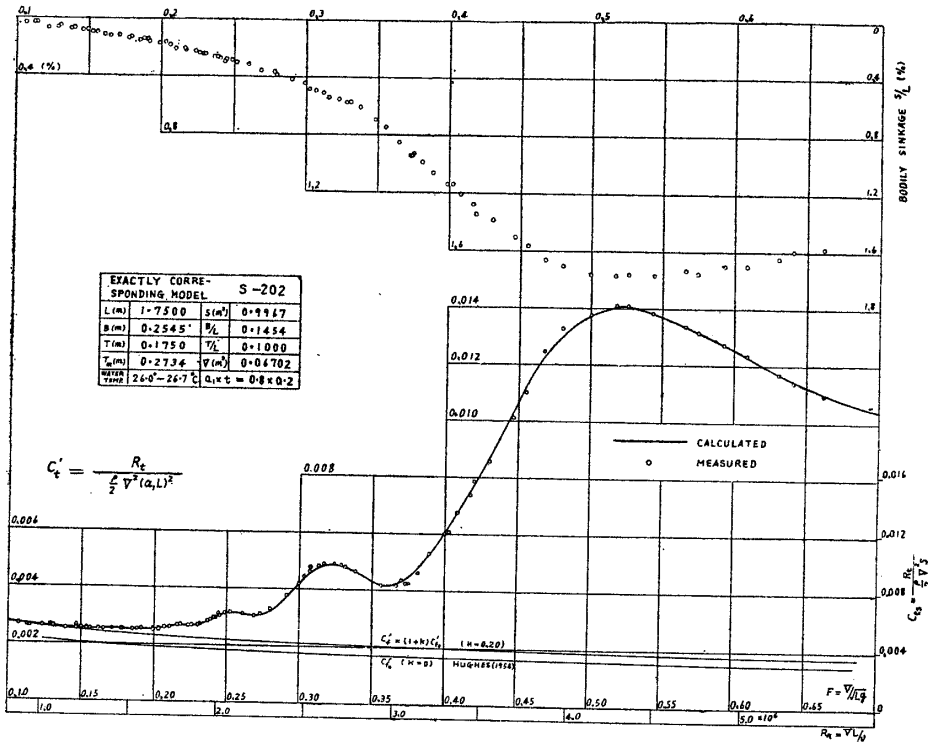


FIG. 4—Measured & Calculated Total Resistance Coefficients of the Floating Model S-202

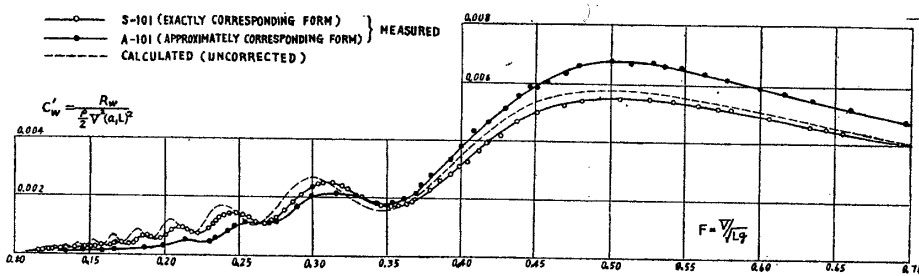


FIG. 5—Comparison of Measured Wave-Making Resistance Coefficients for Models S-101 & A-101

他の3組 (S-102・A-102), (S-201・A-201), および (S-202・A-202) もまたすべてこれと同様な傾向を示している。これらは第1報⁽²⁾において理論的に予測した結果と完全に一致する。

2. 粘性修正

造波抵抗理論は、理想流体を仮定しているために、水の粘性に対する修正が必要である。第2報においては、そのひとつの方法として、船尾附近の局所的な流水現象にとらわれず、船のはるか後方において、船尾波系（ならびに船首波系）の漸近的な挙動に着目することの有効であることを提案した。 (β, δ) 修正がすなわちこれである。ここに β は船尾波系の波高修正 ($\beta < 1$), δ は船首船尾両波系間の位相差 L に対する位相差修正である。これらは単独に現われるものではなく、両者密接に組合わさつて、主として船尾端附近に生ずる流れの剝離とこれに随伴する後流の影響とを近似的に代表する。いま便宜上理想流体 $A(\beta=1, \delta=0)$ と2種の粘性剝離 $B(\beta=0.8, \delta=0.05), C(\beta=0.6, \delta=0.10)$ の3種の場合を計算すれば、 $T/L=0.05$ (S-101・S-201) に対し Fig. 6 を、 $T/L=0.10$ (S-102・S-202) に対し Fig. 7 をうる。一方、さきに掲げた全抵抗係数曲線 (Figs. 1~4) から friction line の分

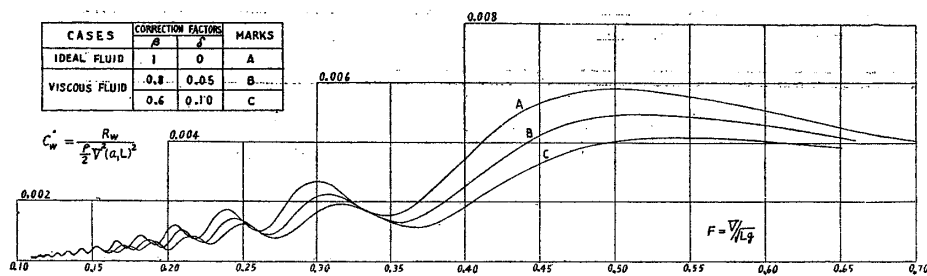


FIG. 6—Comparison of the Calculated Wave-Making Resistance for Ideal Fluid & Viscous Fluid ($T/L=0.05$)

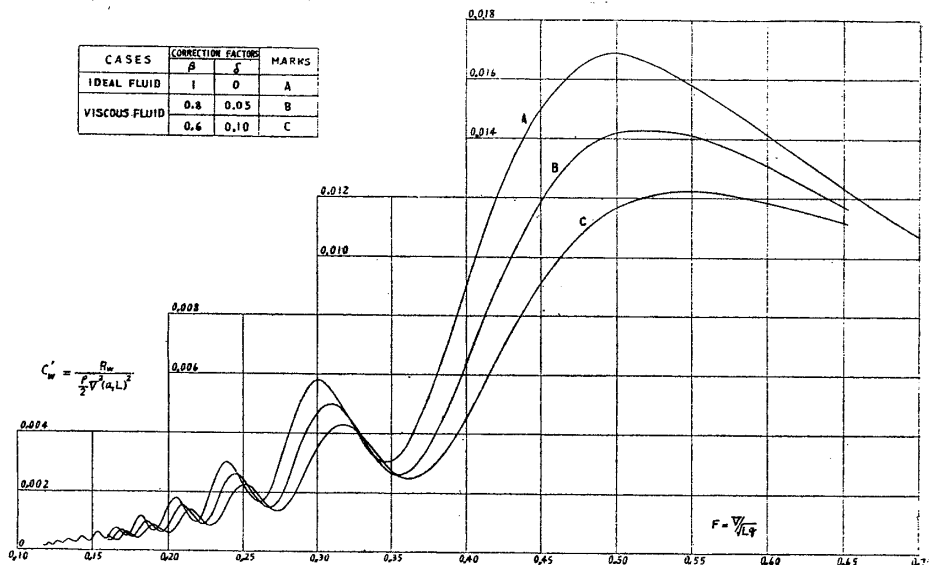


FIG. 7—Comparison of the Calculated Wave-Making Resistance for Ideal Fluid & Viscous Fluid ($T/L=0.10$)

だけ差引いた造波抵抗係数曲線を、上記2種の T/L 値ごとに組合わせ、これを修正前の理論値と重ねてみると Figs. 8, 9 をうる。Fig. 8 を Fig. 6 と、また Fig. 9 を Fig. 7 と比較してみると、大体の傾向は非常によく似ているが、なお詳しくみると次の2点で重大な相違がみられる。すなわち実験値においては、

(1) 干渉項の振幅の減少する割合が、とくに低速域において、 β のみを考慮した場合よりも、さらに一段と著しい。

(2) 基本項の大きさが、低速域において、理論値よりもさらにかなり小さい。

上のような差は、一見、これを、より小さな β の値を採用することによつて解決できそうであるが、それが実際には不可能なことは少しくこれを数値的に検討すればすぐわかる。

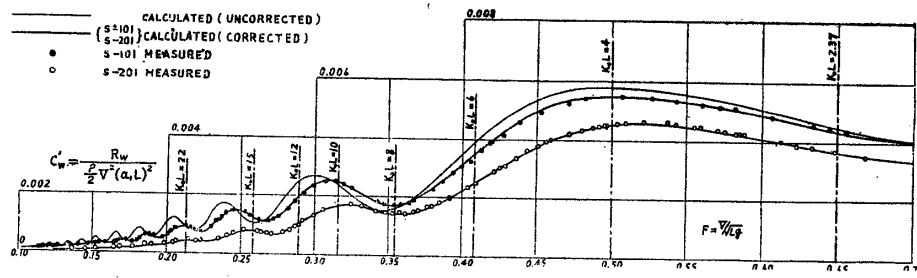


FIG. 8—Measured & Calculated Wave-Making Resistance Coefficients for Models S-201 ($T/L=0.05$)

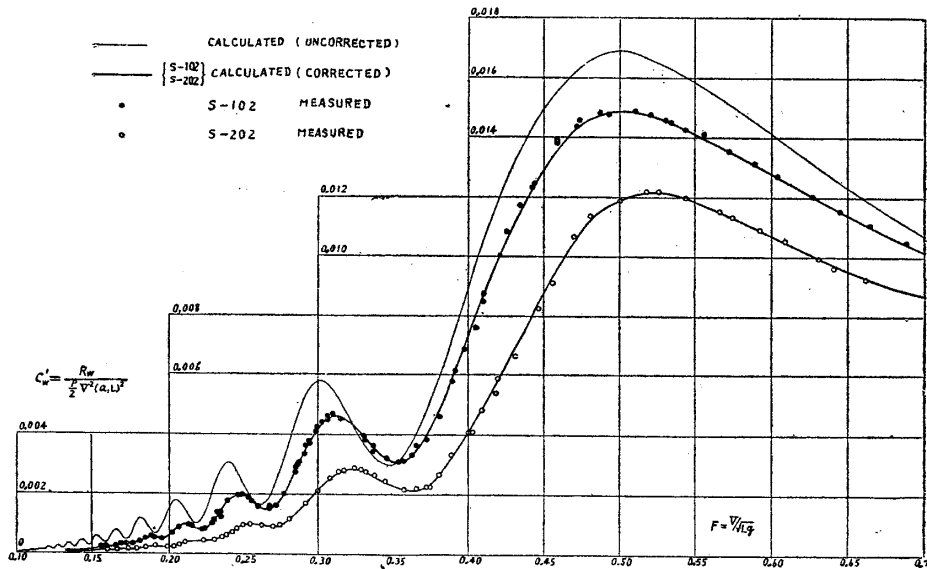


FIG. 9—Measured & Calculated Wave-Making Resistance Coefficients for Models S-102 & S-202 ($T/L=0.10$)

著者のしらべたところによると、上記(1)、(2)はそれぞれ性質を異にする現象に由来するものであつて、(1)は主として B/L の大きい船にみられる、船首波に対する船体自身の自己干渉という現象から説明され、また(2)は主として船首尾端が full で、かつ吃水比の大きい船型においてみられる、船首(尾)波の有限波高の非線型の影響としてほぼ満足に説明されるものである。

3. 船体自己干渉修正

これについては、すでに前回^{(3)・(4)} 発表したことがあるが、その後、上記非線型影響の存在をみとめ若干訂正した。すなわち、前回には

$$\alpha = \exp(-n/F^2) \tag{1}$$

ここに $n = 0.40 B/L$ (2)

としたのであるが、今回はこれをあらためて

$$\alpha' = \exp(-n'/F^2) \tag{1'}$$

$$n' = 0.25 B/L \tag{2'}$$

とした。これらは船幅の有限のために、いわゆる波のカゲの部分ができ、船首波のうち transverse wave (の1部または全部) がこわされる現象を近似的に表わすものである。(1)、(2)式は非線型修正を考慮せず、船首波が船型の full な場合においても線型理論の場合と同じ(1)の値ではじまると仮定したときの、船尾以後における船首波中 transverse wave の振幅を近似的に代表し、(1')、(2')式は船首波が非線型修正によつて γ (<1) ではじまり、船尾において $\alpha = \alpha' \cdot \gamma$ になると仮定している。なおこれら船体自己干渉係数は干渉項(の振幅)のみにかかる修正係数であつて、基本項には関係しない性質のものである。Fig. 10 に S 系理論船型の B/L と n' との関係を示す、また Fig. 11 にこれら模型の α' と F 数との関係を示す。

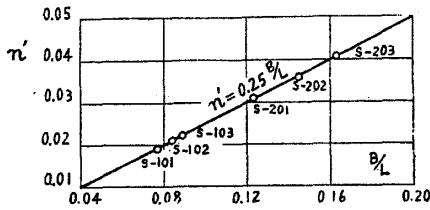


FIG. 10—Relation between n' & B/L

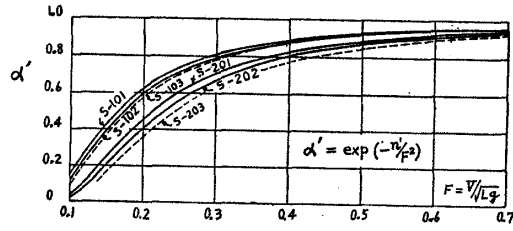


FIG. 11—Self-Interference Factor α'

4. 非線型修正

造波抵抗理論においては、速度ポテンシャルに関する自由表面上の境界条件を線型化して、いわゆる微小波高の仮定のもとに、計算が進められている。

この仮定が、実際にどの程度まで満足されているか、ということ、個々の場合に応じて反省してみることは、造波抵抗理論を船型学の実用に供する場合に、大切なことである。

ただし、船の波の如く複雑な3次元の波動の有限波高理論を打捨てることは、理論上はなほ困難であるから、次のような略近法で、その影響がどういふ場合に、どの程度入りうるかについてしらべてみる。

船側波形の比較⁽⁵⁾によると、船首波の第1の山 (first crest) は水線入角 $\theta (\geq 30^\circ)$ の大きい S-203 では常に実測値の方が理論値より小さく、かつその開きは、低速ほど著しい。そこで、念のため first crest における波の orbital motion velocity (w)、あるいはこれを船速 V でわつた wave wake fraction ($w=V$) を線型化の仮定

$$\zeta = \frac{V^2}{g} \cdot w, \tag{3}$$

に従つて求めてみると、Fig. 12 の点線の如くなる。すなわち $F=0.20$ で S-103 は $w=0.244$ 、S-203 は実に $w=0.487$ という予想以上に大きい w の値を示している。S-103・S-203 はともに $T/L=0.50$ という実際にはありえない大きな吃水比を有している。これが通常の吃水比になると高速域で w の低下がさらに顕著になることが予想される。このことを理論的に確かめるために造波抵抗の比較に使用した4種の S 系理論船型につき、同様の方法で w の値を求め、これを Fig. 12 に実線で示した。

次に、逐次近似の方法で、 ζ に対する第1次補正として、近似的に

$$\gamma = 1 - \frac{w}{2}, \tag{4}$$

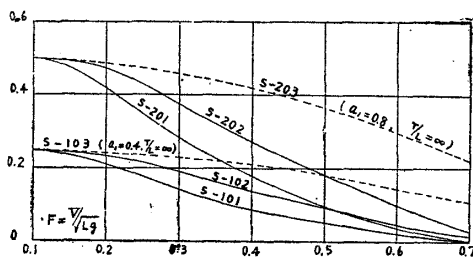


FIG. 12—Wave Wake Fraction at the First Crest of Bow Waves

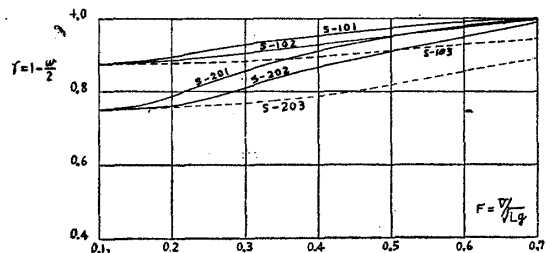


FIG. 13—First Approximation to the Reduction Factor (γ) due to the Finite Amplitudes of Bow Waves

と考え、上記 w から γ の値を求めて、Fig. 13 に示した。これらは定量的には正確なものとはいえないが、水線入角の大小、および吃水比 T/L 、あるいはさらに F 数によつて非線型修正 γ がどのように変化するかを定性的にはよく説明しているものと考えられる。

5. 理論・実験の比較

前節までに述べたところを要約すれば次のようになる。

(修正の種類)	(基本項に対する) 修正係数 η_1	(干渉項の振幅に対 する修正係数 η_2)
(1) 粘性修正 β のみを考えた場合	$\frac{1}{2}(1+\beta^2)$	β
(2) 粘性修正 β のほかに船体自己干渉修正 α を考えた場合	$\frac{1}{2}(1+\beta^2)$	$\alpha\beta$
(3) 粘性波高修正 β , 自己干渉修正 α' , 有限波高修正 γ を同時に考えた場合	$\frac{1}{2}(\gamma^2+\beta^2)=\frac{\gamma^2}{2}(1+\beta'^2)$	$\gamma\alpha'\beta=\gamma^2\alpha'\beta'$

(註1) β のなかには粘性剝離の影響と、有限波高の影響とが混在しており、単独には分離できない。ここでは、これを形式的に分離して $\beta=\gamma\beta'$ とおく。

(註2) 干渉項はその振幅が上表中 η_2 だけ低下すると同時に、その位相函数が δ だけ修正されること前述の通りである。

4種のS系理論船型について上表中の η_1, η_2 を求めれば Figs. 14, 15 の如くなる。また位相差修正 δ は Fig. 16 の如くに求められる。また η_1, η_2 から β と γ とを求めると Figs. 17, 18 の如くなる。Fig. 19 にはさ

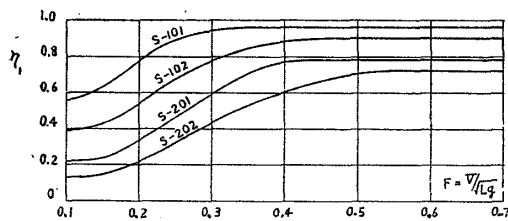


FIG. 14—Reduction Factors (η_1) applied to the Fundamental Wave-Making Resistance Coefficient $C_w'(1)$ for the S-Series Models

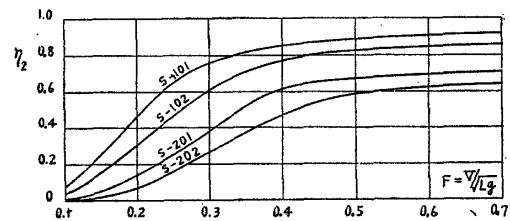


FIG. 15—Reduction Factors (η_2) applied to the Interference Wave-Making Resistance Coefficient $C_w'(2)$ for the S-Series Models

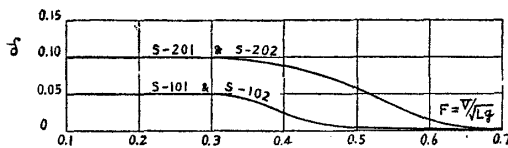


FIG. 16—Shifting Factor (δ) for the Stern Wave Correction

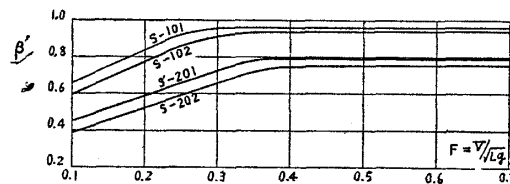


FIG. 17—Reduction Factor ($\beta'=\beta/\gamma$) for the Stern Wave Correction

らに $\beta=\gamma\beta'$ を示す。以上の如き修正係数を採用して計算した造波抵抗理論値が、さきに示した Figs. 1~4 および Figs. 8, 9 の実曲線であつて、実験点とほぼ完全に一致している。なお δ 曲線については (10) 参照。

上記の計算に当つては、 $F \leq 0.35$ の低速域には漸近展開⁽⁹⁾を用い、これより高速域では、 $F=0.35, 0.37, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65$ の8点において干渉項積分を3種の δ 値 ($\delta=0, 0.05, 0.10$) につき求めておき、これを利用した。

Figs. 8, 9 を Figs. 6, 7 と比較すれば、実際の現象において粘性影響 (β, δ) が船型の肥瘠度や F 数によつていかに変化するかということ、またさらに、このほかに船体自己干渉 (α') の影響によつて、干渉項の振幅が、 F 数の低下とともにさらに一段と小さくやつてゆく事実、および、とくに full な船型において、低 F 数域の基本項が、有限波高 (γ) の影響によつて、さらに一段と減少してゆく事情が、いずれもよく理解される。

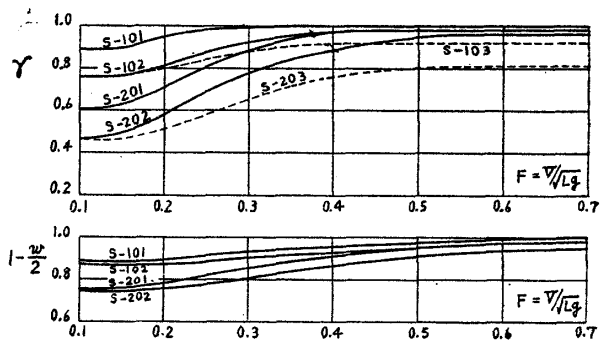


FIG. 18—Reduction Factor (γ) due to the Finite Amplitudes of Bow & Stern Waves

6. 応 用

上にえられた各種修正係数はいずれも一般の船型に対しても、そのまま適用されるものと想像される。 B/L の

みできまると考えられる α' はべつとして、 β, δ, γ は主として船首尾端の水線入角 θ と密接に関係しているはずである。従つて Figs. 16~19 から θ と δ, β, γ との関係を各 F 数ごとに求めてみる。ただし、このうちとくに (β, δ) は船尾の剝離現象にもつとも強く支配される量であるから、船尾端の θ をとらず、船尾(A.P.)とSq. St. No. $1/2(x=0.05L)$ における水線半幅 $y_{1/2}$ とを結ぶ直線が船体中心線となす角 θ_A を用いることにする。Figs. 20~23 はこのような角 θ_A に対して β, δ, γ の F 数ごとの変化を示したものである。また Fig. 24 には各 F 数における B/L と α' との関係をも示した。これらの図は上述の如く他の任意船型に対して一般的に適用できるものと考えられる。

なお、以上において、 β' と δ とは吃水比 T/L にはあまり影響されない。これに反して、 γ は θ_A のほかに吃水比 T/L によつても変り、吃水の大きいものほどその影響も大きくなつてゐる。

Fig. 20~24 を用いれば、与えられた任意の船型の B/L から α' が、また θ_A から (β', δ) が、ついで θ_A と T/L とから γ がそれぞれ求められる。いま、その応用として、EMERSON⁽⁶⁾の結果と比較してみよう。

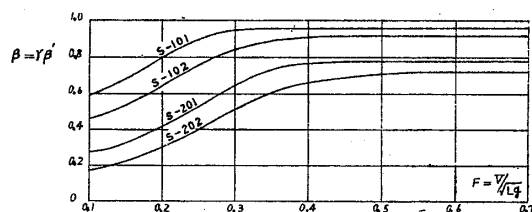


FIG. 19—Reduction Factor ($\beta=\gamma\beta'$) for the Stern Wave Correction

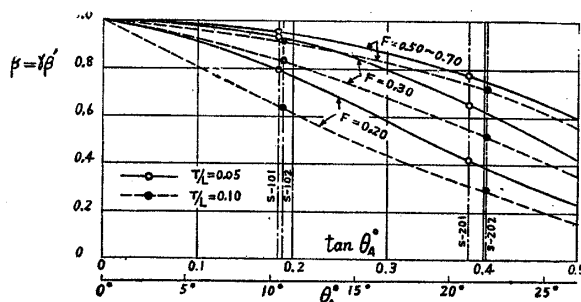


FIG. 20—Variation of Reduction Factor ($\beta=\gamma\beta'$) due to 1/2 Effective Angle of Run

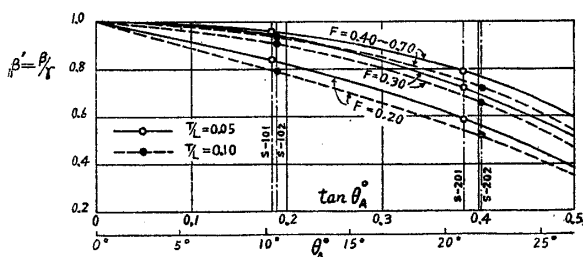


FIG. 21—Variation of Reduction Factor ($\beta'=\beta/\gamma$) due to 1/2 Effective Angle of Run

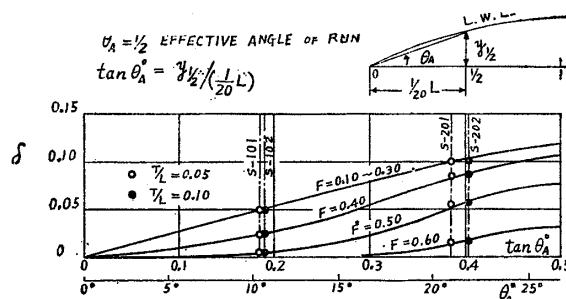


FIG. 22—Variation of Shifting Factor (δ) due to 1/2 Effective Angle of Run

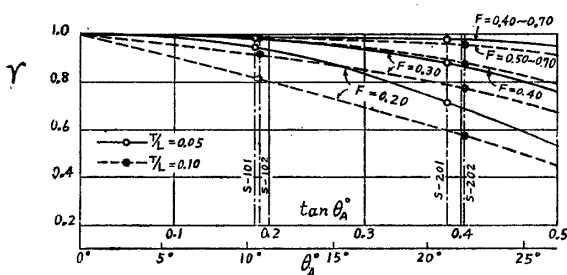


FIG. 23—Variation of Finite Amplitude Correction Factor (γ) due to 1/2 Effective Angle of Run

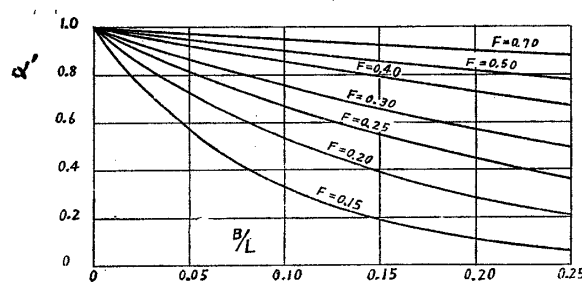


FIG. 24—Variation of Self-Interference Factor (α') due to Breadth-Length Ratio (B/L)

EMERSONはこの論文において、23隻の模型につき、WIGLEYらの実験、およびTAYLORの図表による実験結果と、HAVELOCK⁽⁷⁾の方法による近似理論計算との比較を、 $F=0.25\sim 0.35$ というせまい F 数の範囲で行なつてゐる。その結果、理論曲線全体を F 数軸について2.5%だけ高速側にずらし、かつ干渉項にかかる修正係数 η_2' を、

$$\left. \begin{aligned} \eta_2' &= \alpha \cdot \beta \\ \text{ただし、} \quad \beta &= 0.95 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

として、各模型の α の値を求め、最大値0.8から最小値0.2までの種々の値をえている。

このなかには B/L を一定にして水線肥瘠度をかえた場合や、逆に水線肥瘠度を一定にして B/L を変えた場合

などが含まれていて、われわれのえた結果と比較するのに興味がある。ただ EMERSON の場合は、実験の側にも、計算の側にも、われわれの場合ほどの厳密性はないので、この場合の比較が、どちらかといえば、定性的な比較に止まることはやむをえない。

比較の方法は、これら 23 種の模型の B/L , T/L , θ_A から Figs. 20~24 に従って $F=0.30$ の速度に対応する α' , β , γ を求め、これより、さきに掲げた表のなかの η_2 を計算する。一方 (5) 式から EMERSON の α 値を用いた η_2' を計算し両者を比較してみる。Fig. 25 は η_2'/η_2 の値を水線入角 θ をベースに点置したもので、同図中には第 1 報において求めた正しい Source 分布初期値 $[m_0]_{\text{exact}}$ と在来の MICHELL 理論による近似値 $[m_0]_{\text{Michell}}$ との比 $\sigma = [m_0]_{\text{exact}}/[m_0]_{\text{Michell}}$ および σ^2 曲線を重ねて比較した。これらは大体において合理的な結果を与えているものといつてよいであろう。

7. 結 論

以上、本研究によつてえられた、もつとも重要な結論を要約すれば、次の通りである。

- (1) 造波抵抗理論を船型学上の実際問題に応用するためには、在来の MICHELL の理論では不十分であつて、これよりも、船型条件における近似度を 1 段高めた取扱いをしなければならない。
- (2) そのさい、船型条件に対する自由表面の影響は、これを近似的に固体壁とみなして、実用上差支えない。
- (3) 造波抵抗曲線の表現法、ならびに計算法はこれを (i) F 数とともに単調増加する基本項と (ii) そのまわりに正負に振動する干渉項とにわけ、かつ (iii) 干渉項に対しては、漸近展開を応用することにより、極めて簡易化されてくる。
- (4) 上記 (3) を応用することにより、模型船の全抵抗測定値を解析して、これから粘性抵抗と造波抵抗とを分離する過程は、在来の FROUDE の解析法に比し、はるかに合理化される。すなわち、FROUDE の解析法とは反対に造波抵抗の側から押して、粘性抵抗における形状因子を、実用上十分な精度で推定することができる。⁽⁸⁾
- (5) 水の粘性が、船体の造波抵抗に及ぼす影響は、極めて重大である。そして、その効果を大局的に把握するもつともよい方法は、後続自由波の漸近的性質に注目し、これに船尾波波高修正および船首波と船尾波との間の位相差修正を施すことである。
- (6) 船体は、船首波に対して自己干渉効果をもつ。そして、その程度は B/L が大きいほど、また F 数の低いときほど著しい。これによつて、上記干渉項の振幅は、粘性影響のみを考慮した場合よりも、さらに 1 段と小さくなる。
- (7) 水線入角の大きい船型の低 F 数域においては、有限波高の影響がみられる。これにより、船首波は第 1 の山から既に、線型理論の値よりも、相当程度小さくなる。その結果、基本項・干渉項ともに低下する。
- (8) 水槽試験のさいにみられる、各種船型の船側波形、および一般の造波現象を、種々の角度から観測・記録することは、理論船型学の進歩に対して、貢献するところ大なるものがある。^{(9)・(10)}
- (9) 線型造波抵抗理論は、浅水時における造波抵抗に対しても定量的によい結果を与える。ただし、水幅も制限された制限浅水域において非線型流水現象が顕著に現われる範囲はこれを除く。⁽¹¹⁾

これを要するに、従来の造波抵抗理論が、水槽試験結果の一般的な傾向を説明するだけの定性的理論の域に止まっていたのに対し、著者の方法では、これを定量的理論の域にまで引上げることができたものと信ずる。

この機会に、理論船型等が今後進むべき方向に対する著者の私見を略述すれば次の通りである。

A. 理論的研究

(A-1) 前記 (2) を出発点として、3次元船型とその対応する特異点分布との関係を、さらに多くの実用船型について見出すこと。このさい、目的とする F 数域を限定してかかることが有効である。とくに低 F 数域

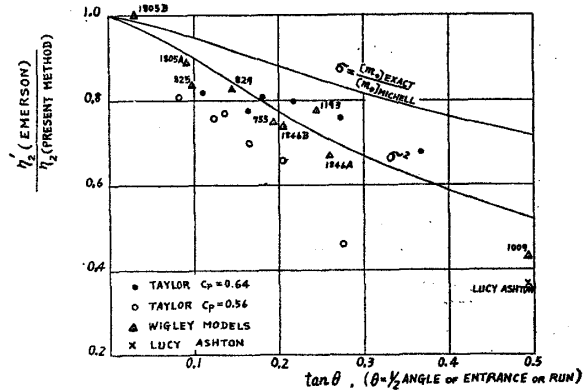


FIG. 25—Relation between η_2' (EMERSON)/ η_2 (Present Method) & 1/2 Angle of Entrance or Run

においては船首尾端の水線形状のみを厳密に再現せしめればよく、最大幅のあたりは若干の不一致があつても結果には利いてこないから、問題は比較的簡単であろうと考えられる。

(A-2) 水槽試験資料の再解析——著者がさきに「やよひ丸」⁽⁸⁾をはじめ貨物船・捕鯨船・駆逐艦各1隻ずつ⁽⁹⁾について例示した如く、層流影響が介入していないと確信される、多数の実用船型の水槽試験資料を再解析し、形状因子の影響などを含んでいない純粹の造波抵抗係数曲線対船型との関係を求め、これに統一的表現を与えるべく試みることを。

(A-3) 有限波高の影響は低 F 数域で重要であるから、理論的にこの方面を追求すること。

B. 実験的研究

(B-1) ステレオによる水槽試験のさいの模型船後続波の写真測量

(B-2) 船側および後続波形の観測記録

最後に、本研究に着手して以来、著者が直接にお世話になつた方々は次の通りである。ここに記して厚く御礼申上げる。

まず、排水型船舶、とくにその常用フルード数域に対する造波抵抗理論の多角的かつ効果的な応用の道を開拓する、という本研究主題の設定に当つては、著者が平素より親しく御指導を賜つている、山県昌夫教授の貴重な御示唆にもとづくものである。また著者が、はじめて、造波抵抗理論研究に興味をもつ機会をえたのは、故山本武蔵教授および木下昌雄博士の御指導にまつところが多い。

以上、この研究に関して、著者が直接に御指導を仰いだ先生に対し、ここに心から御礼を申述べる次第である。

次に、本研究は東京大学船型試験水槽室の方々の長年にわたる熱心な御協力によつて、はじめて遂行することができた。すなわち、

菊池義男氏 (実験装置の設計・試作)	岩田達三氏 (実験主任および製図)	増永公明氏 (写真)
三浦豊昭氏 (実験)	大越章三郎氏 (実験)	柴田あい氏 (計算)

の諸氏である。ここに記して以上6氏の長い間のお骨折に対して、心から御礼申上げる。

また本研究のうち、船側波形の測定に関する実験方法については、本学応用化学科教室加藤信八郎助教授・同森芳郎教授に、また本研究のために試作した各種実験装置の製作については山口機器研究所社長山口広美氏に、それぞれ大変お世話になつた。

なお、以上、著者が直接にお世話になつた方々のほか、本研究遂行上たえず間接の御支援と御協力とを頂いた東京大学工学部船舶工学科加藤弘教授はじめ諸先生方、ならびに同職員各位に対して、この機会にあらためて、深甚の謝意を表したい。

(以上)

文 献

- (1) 著者：造船協会論文集 93 (1953)
- (2) 著者：造船協会論文集 85 (1949)
- (3) 著者，外2名：造船協会論文集 97 (1955)
著者：Japanese Developments of the Theory of Wave-Making Resistance (Author's reply to the discussions), Oslo, (1954)
著者：船舶 28-1 (1955)
- (4) 著者，外2名：造船協会論文集 100 (1957)
- (5) 著者，外2名：造船協会論文集 100 (1957)
- (6) EMERSON, A.: TINA 96 (1954)
- (7) HAVELOCK, T. H.: TNECI 60 (1943)
- (8) 著者，外3名：造船協会論文集 99 (1956)
- (9) 前出 (5)
- (10) 著者，外3名：造船協会論文集 101 (1957)
- (11) 前出 (4)