

Fig. 36 Calculated pressure distribution

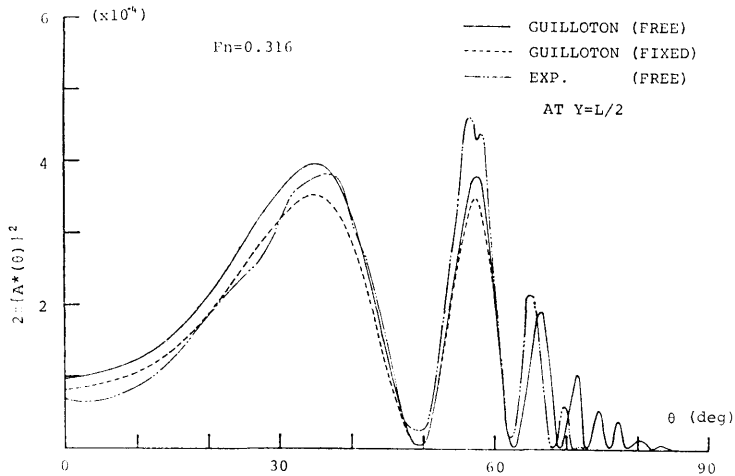


Fig. 37 Comparison of amplitude functions

実験で行った抵抗成分分離を理論的に計算により行い比較した。数値計算により船体に働く抵抗を求めるには、原理的には非線型自由表面条件をもつ船体まわりの流場に対して Navier-Stokes の方程式を数値的に解いて圧力と分布摩擦応力分布を計算すれば求まるはずである。しかしながら実際には船体まわりの流場が乱流であることから Reynolds 応力の仮定等、様々な問題に直面し、これも容易なことではない。また直接、支配方程式を解いて求める方法は、各抵抗成分の性質や、船型との関係等を調べる上ではあまり得策とは考えられず、各抵抗成分をとり出してそれぞれ

理論的考察を加える方がより重要な方法であると思われる。

今回、造波抵抗を求めるに当り、Guilloton 法³⁾を用いることにした。これは自由表面条件の非線型性が考慮されており従来の Michell 近似と比べるとかなり改善された計算法であることが示されている。粘性抵抗は摩擦抵抗のみ考えることにし、この摩擦抵抗を 3次元乱流境界層理論を用いて計算した。用いた手法は積分法であり、中でも最も簡便な田中・姫野の第一近似理論⁴⁾を用いることにした。境界層計算に用いる外部流れとして、先に述べた Guilloton 法により求

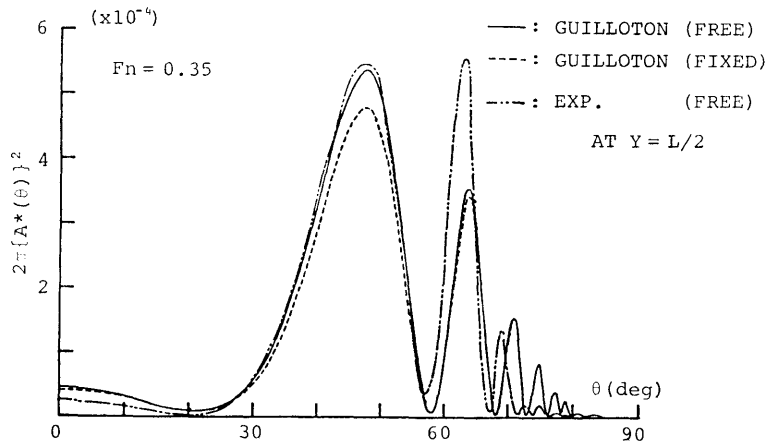


Fig. 38 Comparison of amplitude functions

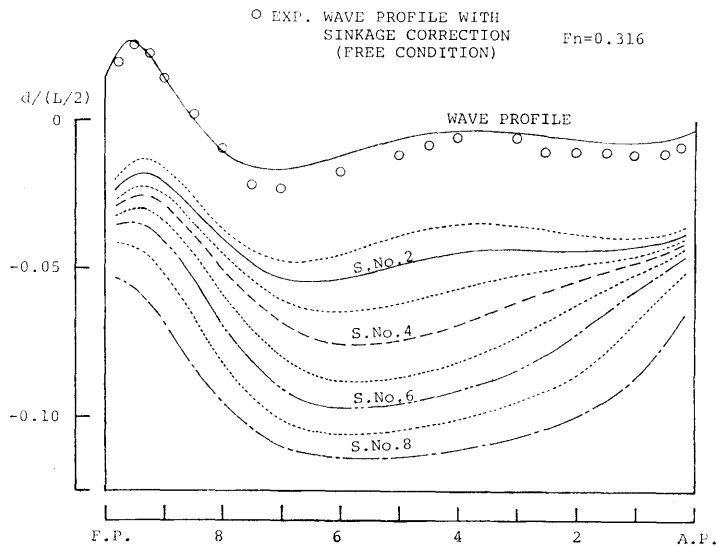


Fig. 39 Stream lines

められた流場を使い, F_n の影響を考慮した摩擦抵抗を求めたということができる。

計算結果は $F_n=0.316$, $F_n=0.35$ の2状態について図示し, $F_n=0.316$ がハンプ, $F_n=0.35$ がホローになるという2つの異なる特徴を持った状態の比較を行った。Fig. 35, 36 に $F_n=0.316$, 0.35 に対する圧力分布を, Fig. 37, 38 にはそれぞれにおける振幅関数を示した。計算された圧力分布と実験値との対応は非常によく, 造波圧力成分が大部分を占めていることがわかる。振幅関数について見ると, まず free, fixed condition の差は θ の小さい所で fixed condition

の方が小さくなっていることがわかり, 両者の造波抵抗の差がここに帰因しているのがわかる。また計算値は実験値と比べ, θ の小さいところでは過大評価, θ が大きくなるにつれて過小評価になる傾向があるようである。また位相も θ が大きくなるにつれてずれが目立つようになる。波形解析で求めた波形抵抗値と Guilloton 法により求めた造波抵抗値を比較したものが Fig. 14 である。これで見ると高速域ではかなりよく一致しているが, 低速域では計算は過大評価となっている。これは Thin Ship theory を基とした理論計算値にみられる傾向である。

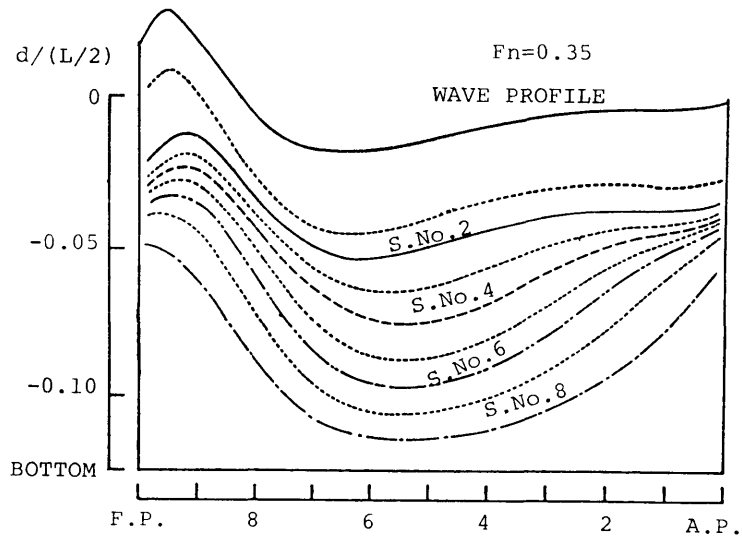


Fig. 40 Stream lines

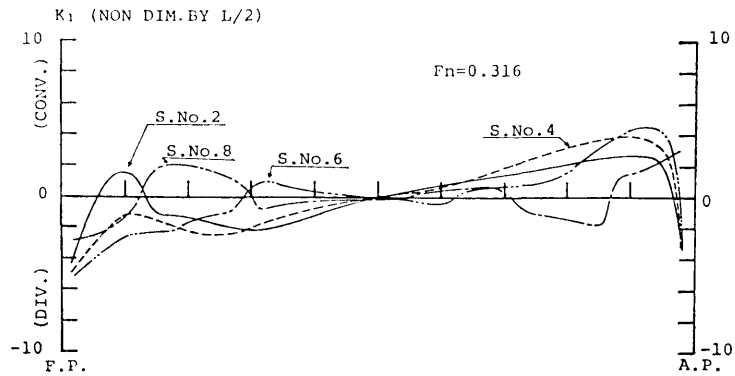


Fig. 41 Stream line convergence K_1

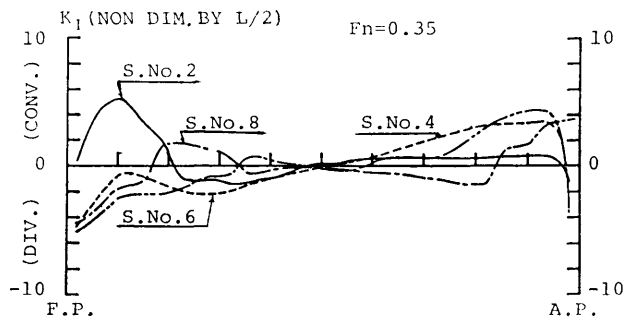
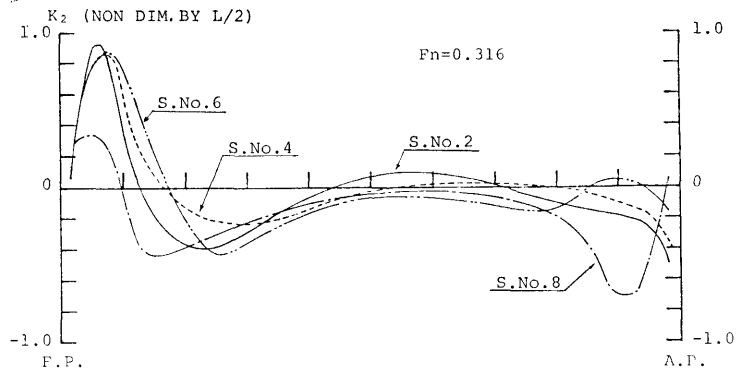
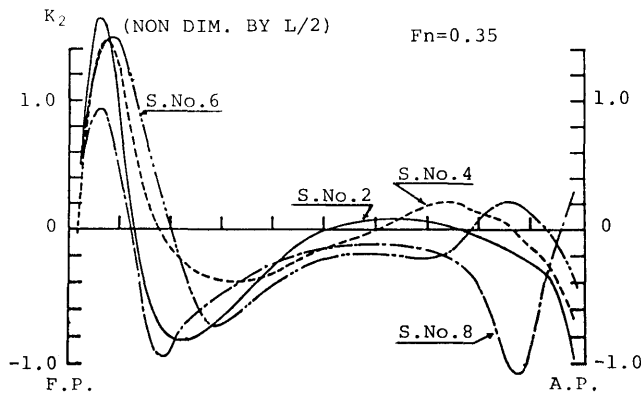
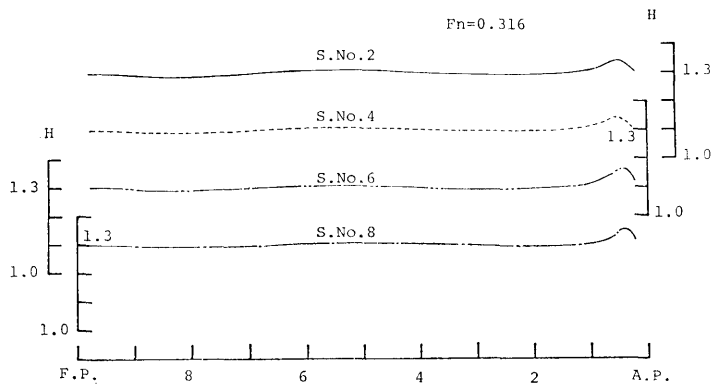


Fig. 42 Stream line convergence K_1

Fig. 43 Geodesic curvature K_2 Fig. 44 Geodesic curvature K_2 Fig. 45 Shape factor H

波の影響を考慮したポテンシャル流を用いて境界層計算を行った結果を示す。Fig. 39, 40 には Runge-Kutta-Gill 法を用いて船体表面上の流速を積分する

ことで得られた流線が示されている。船側波形と各流線を比べてとき、船底付近以外はほぼ相似となっており、流線が波の影響を受けていることがわかる。これ

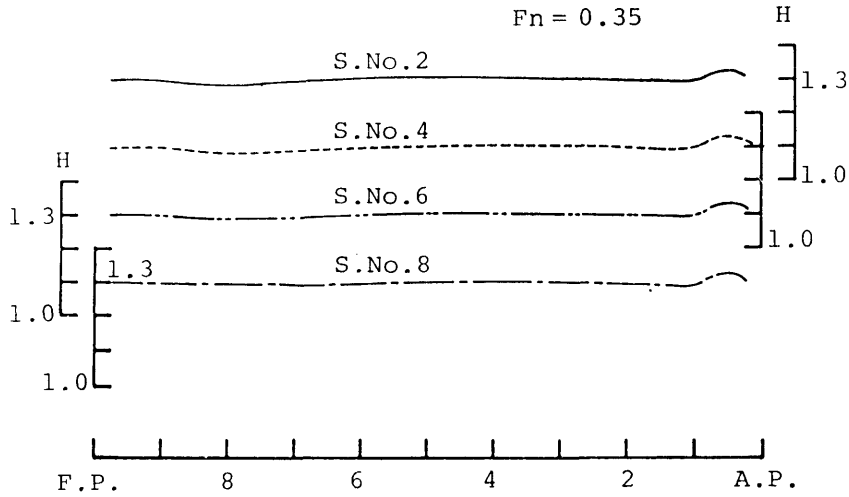


Fig. 46 Shape factor H

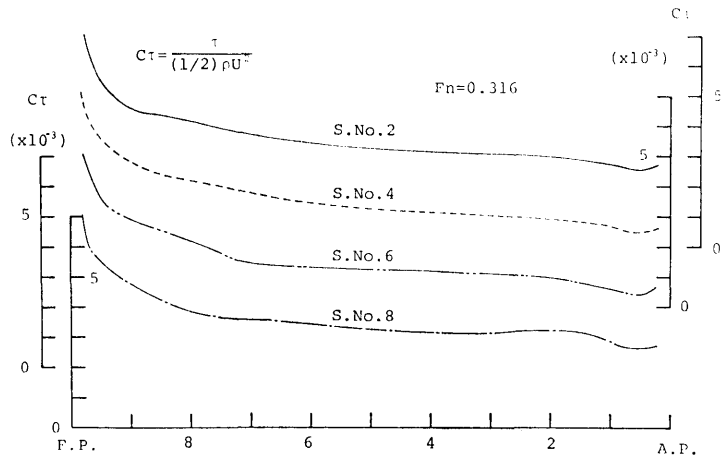


Fig. 47 Local skin friction C_τ

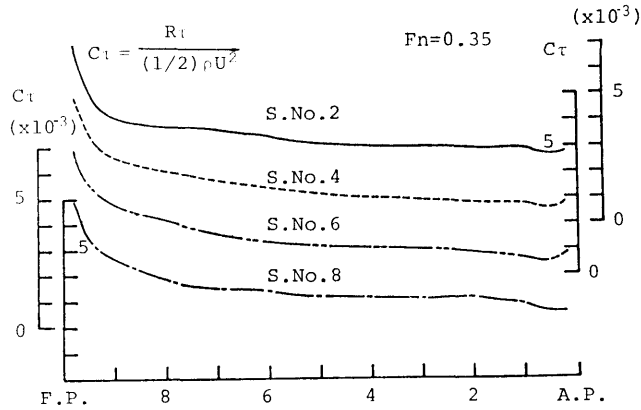
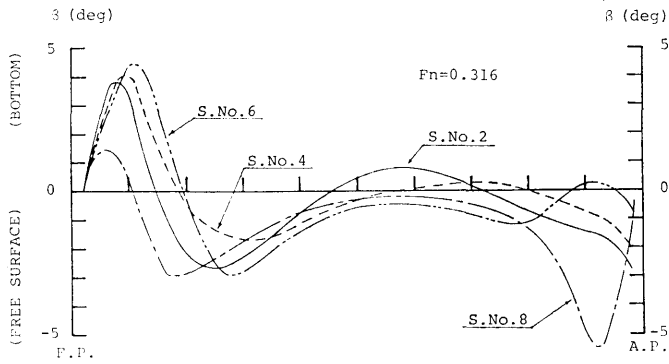
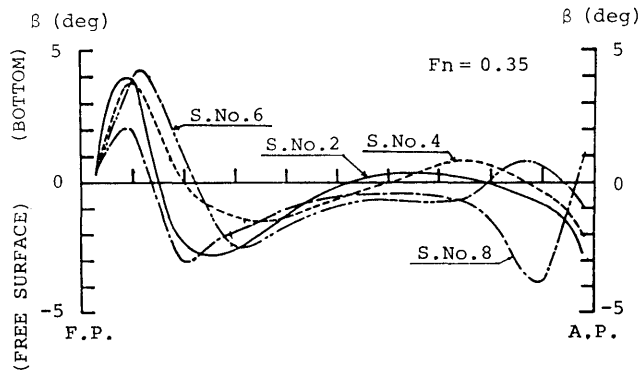
らの図やあるいは Fig. 41, 42 に示した各流線の convergence を示す K_1 と比べてみても明らかなように、F.P. から船体中央部まではひろがり、それから後半はせばまりになっているのがわかる。田中一姫野によると、運動量厚さの第1近似解は、 K_1 の流線距離に関するモーメント項が含まれていることや、2次流れ角は測地的曲率と流線距離の関数で表現されることが示されており、3次元境界層計算における K_1 , K_2 の役割は重要である。 K_2 を $F_n=0.316, 0.35$ に対してそれぞれ Fig. 43, 44 に示した。

Fig. 45, 46 に各速度における形状係数 H を、Fig.

47, 48 には局所摩擦力係数 C_τ の分布を示したが、両速度とも顕著な相違は見られない。今回、 H の初期値を 1.3 として計算したが、これが 4 m 模型に対して適当であったかどうか議論の余地があると思われる。

Fig. 49, 50 に 2 次流れ角の分布を示した。2 次流れ角も両速度間での相違は余り見られない。共通して言えることは船首付近で bottom 側に偏るが船尾へ行くにつれて水面方向に向くことである。

船体表面上に微小要素をとり、そこでの流向、2 次流れ角を考慮した方向に局所摩擦力が均一に作用するとして航走時における浸水面積で面積分し摩擦抵抗を

Fig. 48 Local skin friction C_f Fig. 49 Cross flow angle β Fig. 50 Cross flow angle β

求めた。このようにして求めた摩擦抵抗係数を Fig. 51に示す。計算された摩擦抵抗係数は Schoenherr line にほぼ沿っているが、 Fn に対するわずかな振動が認められ Shape factor H の Fn 依存性を思わせ

る。Fig. 51 には Guilloton 法により求めた造波抵抗値と摩擦抵抗値の和と実験より求めた全抵抗との比較も示している。これより全抵抗は、低速域で過大評価、高速域で過小評価になっているのがわかる。

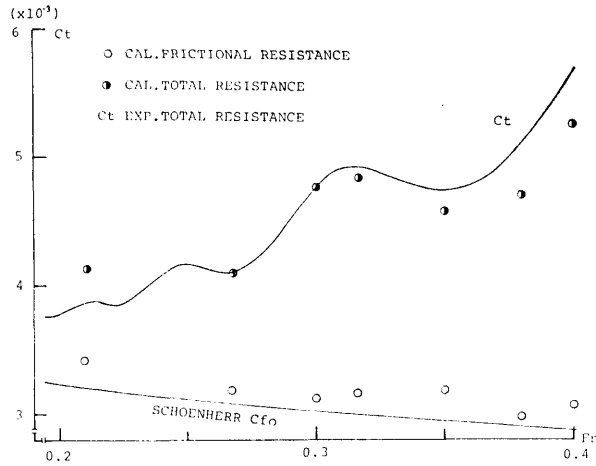


Fig. 51 Comparison of resistances between calculated and experimental results

Guilotton 法による C_w と波形解析による C_{wp} が $F_n=0.4$ 付近で良い一致を示していることを考えると、この差は Fig. 10 における C_w と C_{wp} の差、それと $(1+K)C_{F0}$ line と摩擦抵抗計算値を比べたときに認められる過小評価等が原因となって生じていると考えられる。

Appendix 2 船体の拘束条件による抵抗変化⁶⁾

5-1, あるいは5-2で考察したように船体を拘束して航走すると、抵抗値は小さくなりほぼそれが造波抵抗の差に等しいことが示されている。これを計算で確認するために次のように考えた。

Free condition においては、航走による圧力低下から生じる船体近傍の水位低下と船体の平均沈下量はほぼ等しく、静止時船体位置と運動時船体位置を同一とした理論計算で求まると考える。一方、fixed con-

dition においては水位低下のみ生じ、船体は沈下しないので水位低下分、即ち free condition 航走における同速度の船体沈下量だけ軽荷状態になっていると考え、これに対応する船型に対し計算されるものと考えた。このことは、Fig. 31, 32 に示した船側波形図を比較したとき、船側波形の形状は free, fixed 両 condition でほとんど違いがなく、fixed condition の方が free condition に比べて平均沈下量にほぼ等しい量だけ低く出ていることから十分正しい仮定であると考えられる。以上の考えのもとに free, fixed condition に対応する造波抵抗を計算し、求めたそれぞれの造波抵抗曲線と波形解析より求めた波形抵抗曲線を Fig. 14 に示す。これより、free, fixed 両 condition の差が計算でよく表現されており、以上の仮定が十分正しかったものと考えられる。