

(昭和 39 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

## 極小造波抵抗を有する半没水船

正員 丸 尾 孟\*  
正員 石 井 正 夫\*\*

Semi-Submerged Ship with Minimum Wave Making Resistance

By Hajime Maruo, *Member*

Masao Ishii, *Member*

### Summary

It is theoretically well known that when the two bodies are running in the same direction and in a pair in water and/or on water surface, sometimes their total wave making resistance becomes smaller than that of the individual body due to the mutual interference of the waves caused.

The proposed semi-submerged ship of the least wave resistance consists of the submerged main hull of the so-called Rankine's ovoid and the surface piercing bridge having sectional area of square cosine curve.

Theoretically and experimentally, the combined hull form as mentioned above thus proves its capability of reducing the wave resistance tremendously in a certain specific speed range, i. e., the dimensions of bridge can be chosen so that the waves caused by the submerged hull running near surface may be diminished by the waves of the bridge at the specific speed.

Furthermore, it is investigated that the upper limit of the optimum speed range of this type of vessel is between 0.35 and 0.40 in Froude's number.

### 1 ま え が き

航空機，陸上輸送機関の高速化にともなつて最近船舶の高速化，特に波浪中の推進性能の向上をも合せ考えて高速化するための研究が盛んに行なわれている。

船舶の高速化には一般に造波抵抗を減少する上から次の4つの方法が考えられている。その一つは水中翼船あるいは GEM のごとく水面上に主船体を浮揚させる方法，第二には潜水船として高深度航走をする方法，第三に船の長さを長くして造波抵抗を減少する方法，第四に極力造波抵抗がおこらぬような極小造波抵抗船形を利用する方法である。

ここに提案する極小造波抵抗を有する半没水船形は上記の第4の分類に入るものである。よく知られているように半没水船形は Boericke, Lewis 等<sup>1)</sup>によつて提案された排水量形の船形であり，特に波浪中の推進性能が優れているといわれているが，現在までの予備的実験では抵抗の面での成績は甚だしく悲観的な状態にある。しかしながら造波抵抗理論からは造波抵抗は船幅の自乗に比例すると近似的にいえるので，成るべく幅の狭い喫水の深い船形が優れている訳で，この面からいわずに Semi-Submerged Ship を考え直す必要がある。

没水体が水面近くを航走する際比較的高速の範囲で造波抵抗がかなりの大きさになることは実験的に知られている現象である。それゆえ水上に突出している部分（以下これを船橋と呼ぶ）が付加的な抵抗を与えるときは半没水船は有利とはいえない。しかしながらもこの船橋が没水部の造波現象を船橋による造波現象によつて干渉させ消滅させるように選択されれば，半没水船が水上船あるいは水面近くを航走する潜水船に比し有利となるであろう。

原稿受付 昭和 39 年 6 月 20 日

\* 横浜国立大学

\*\* 浦賀重工

このことは後にのべるごとく可能である。すなわち船体を没水部と船橋とに分けそれぞれのおこす造波現象を干渉させることによつて、従来の水上船ではえられなかつたフルード数 0.3 以上の高速域においても造波抵抗を極度に少なくしうる事が、理論的にも実験的にも証明された。

## 2 記 号

|            |               |   |
|------------|---------------|---|
| $L$        | (m)           | Rankine's Ovoid の吹出, 吸込点間の距離 (基準長さ)       |
| $D$        | (m)           | Ovoid の中央横切面における直径                        |
| $f$        | (m)           | 水面から Ovoid 中心までの距離                        |
| $A(x)$     | ( $m^2$ )     | 船橋の横切面積                                   |
| $A_0$      | ( $m^2$ )     | Ovoid の中央断面積                              |
| $A_1$      | ( $m^2$ )     | 船橋の中央断面積                                  |
| $S$        | ( $m^2$ )     | 浸水面積                                      |
| $\nabla$   | ( $m^3$ )     | 排水容積                                      |
| $F$        |               | フルード数                                     |
| $R_n$      |               | レイノルズ数                                    |
| $\gamma_0$ |               | $1/(2F^2)$                                |
| $K$        |               | 形状影響係数                                    |
| $R$        |               | 半没水船の造波抵抗                                 |
| $R^*$      |               | 半没水船の造波抵抗の積分項                             |
| $R_0$      |               | Rankine's Ovoid の造波抵抗                     |
| $R_0^*$    |               | Rankine's Ovoid の造波抵抗の積分項                 |
| $\rho$     |               | 流体密度                                      |
| $g$        | ( $m/sec^2$ ) | 重力加速度                                     |
| $v$        | ( $m/sec$ )   | 前進速度                                      |
| $C_w$      |               | 理論造波抵抗係数 $(R/\frac{1}{2}\rho v^2 S)$      |
| $C_r$      |               | 実験による剰余抵抗係数 $(R_r/\frac{1}{2}\rho v^2 S)$ |

## 3 極小造波抵抗の半没水船

船体を没水部と船橋との二つの部分に分け、没水部を回転体、船橋は細長い水上船と考えるならば、没水部の回りの流れはその回転軸上の Source 分布により、また細長い水上船はその横切面積曲線の前後両端における正切が零であるなら、やはり喫水面中心線上の Source 分布によつてあらわすことができる<sup>2)</sup>。すなわち中心線上進行方向に  $x$  軸をとり、船橋の横切面積を  $A(x)$  とするとき Source 分布は  $\sigma = -\frac{v}{4\pi} \frac{dA(x)}{dx}$  で与えられる。これら二つの部分のおこす波が互い相殺して造波抵抗を極めて小さくする Source 分布はいろいろ考えられるが、ここでは最も簡単で実現性の高いものとして没水部に 1 対の Source & Sink よりなるいわゆる Rankine's ovoid を採用する。このような没水部によく適合する船橋として Cos 曲線の自乗の横切面積曲線を有する形状をあげることができる。ただし Ovoid の Source と Sink 間の距離を  $L$  とするとき、船橋の長さもこれに等しくとる必要がある。

以上のような組合せの半没水船の造波抵抗は次のごとく求められる。すなわち Ovoid の Source Sink の強さ、座標をそれぞれ  $\frac{1}{2}m_0L(\frac{1}{2}L \cdot 0 \cdot -f)$ ,  $-\frac{1}{2}m_0L(-\frac{1}{2}L \cdot 0 \cdot -f)$  とする、また船橋については

$$A(x) = A_1 \cos^2\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad \text{とすると} \quad (1)$$

$$\sigma = m_1 \sin \frac{2\pi x}{L}, \quad \text{ただし } m_1 = \frac{vA_1}{4L} \quad (2)$$

これらを Havelock の一般式に代入すると

$$R = 64\pi\rho\gamma_0^2 \int_0^{\pi/2} \left\{ m_0 \exp\left(-2\gamma_0 \frac{f}{L} \sec^2\theta\right) + \frac{m_1\pi}{\pi^2 - \gamma_0^2 \sec^2\theta} \right\}^2 \times \sin^2(\gamma_0 \sec\theta) \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \quad (3)$$

Rankine's Ovoid の長さが直径に比べ、十分長いときは  $A_0$  と  $m_0$  との間に次の関係が近似的に成立する。

$$m_0 = \frac{vA_0}{2\pi L} \quad (4)$$

これを  $m_1$  の関係式と共に (3) 式に代入すると

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{8}{\pi} \rho g \frac{A_0^2}{L} \gamma_0 R^* \\ R^* &= \int_0^{\pi/2} \left\{ \exp\left(-2\gamma_0 \frac{f}{L} \sec^2\theta\right) + \frac{\lambda\pi}{\pi^2 - \gamma_0^2 \sec^2\theta} \right\}^2 \sin^2(\gamma_0 \sec\theta) \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここに  $\lambda = \frac{m_1}{m_0} = \frac{\pi}{2} \frac{A_1}{A_0}$

また Rankine's ovoid のみが水面下を航走する場合の造波抵抗は  $A_1=0$  の場合であるから

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \frac{8}{\pi} \rho g \frac{A_0^2}{L} \gamma_0 R_0^* \\ R_0^* &= \int_0^{\pi/2} \exp\left(-4\gamma_0 \frac{f}{L} \sec^2\theta\right) \cdot \sin^2(\gamma_0 \sec\theta) \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

一方上記の船橋のみの造波抵抗  $R_1$  は  $A_0=0$  とおいて

$$R_1 = 2\pi^3 \rho g \frac{A_1^2}{L} \gamma_0 \int_0^{\pi/2} \left[ \frac{\sin(\gamma_0 \sec\theta)}{\pi^2 - \gamma_0^2 \sec^2\theta} \right]^2 \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \quad (7)$$

をうる。

$R$  は (5) 式の積分項から分るように  $\pi^2 - \gamma_0^2 \sec^2\theta < 0$  の範囲すなわち  $\gamma_0 > \pi (F < 0.399)$  のときには Ovoid と船橋との干渉によつて単独の場合より造波抵抗を減少しうる事が分る。いま没水部の形状ならびに深度を一定に保ち、船橋の幅を加減してある速度のときの  $R$  を極小するように選ぶには、

$$\frac{\partial R}{\partial \lambda} = 0 \quad (8)$$

なる  $\lambda$  を見出せばよい。すなわち

$$\begin{aligned} I &= \int_0^{\pi/2} \left( \frac{\pi}{\gamma_0^2 \sec^2\theta - \pi^2} \right)^2 \cdot \sin^2(\gamma_0 \sec\theta) \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \\ J &= \int_0^{\pi/2} \exp\left(-2\gamma_0 \frac{f}{L} \sec^2\theta\right) \frac{\pi}{\gamma_0^2 \sec^2\theta - \pi^2} \sin^2(\gamma_0 \sec\theta) \cdot \sec^3\theta \cdot d\theta \end{aligned}$$

とするとき

$$\lambda = J/I \quad (9)$$

なる  $\lambda$  を使用すれば (8) の条件を満足する。

Table 1

| $L/f$ | $\gamma_0$ | $\lambda$ | $A_1/A_2$ | $R^*$   | $R_0^*$ | $R^*/R_0^*$ |
|-------|------------|-----------|-----------|---------|---------|-------------|
| 8     | 6          | 1.037     | 0.660     | —       | 0.00484 | —           |
|       | 5          | 1.228     | 0.782     | —       | 0.03112 | —           |
|       | 4          | 0.810     | 0.516     | 0.00300 | 0.06807 | 0.044       |
|       | 3.5        | 0.525     | 0.334     | 0.00626 | 0.05627 | 0.111       |
|       | $\pi$      | 0.317     | 0.202     | 0.01447 | 0.04075 | 0.355       |
| 10    | 6          | —         | —         | —       | 0.01202 | —           |
|       | 5          | —         | —         | —       | 0.05586 | —           |
|       | 4          | 1.046     | 0.666     | 0.00532 | 0.11368 | 0.047       |
|       | 3.5        | 0.678     | 0.431     | 0.01308 | 0.09649 | 0.136       |
|       | $\pi$      | 0.422     | 0.268     | 0.02826 | 0.07463 | 0.378       |
| 12.5  | 4          | 1.275     | 0.811     | —       | —       | —           |
|       | 3.5        | 0.825     | 0.526     | —       | —       | —           |
|       | $\pi$      | 0.534     | 0.340     | 0.04991 | 0.12442 | 0.401       |

$f/L$  および  $\gamma_0$  に数値を与えた計算例を Table 1 にしめす。 $f/L$  をパラメターとして  $\gamma_0$  に対する最適組合せの  $\lambda$  の値を Fig.1 に、またそのときの  $R^*$  および  $R_0^*$  を Fig.2 にしめす。以上の図表から明らかなように最適組合せとなるような没水部と船橋との寸法比は  $\gamma_0$  によつて非常に変化するが、 $3 < \gamma_0 < 5$  において没水部のみの場合に比べ極端に造波抵抗を減少しうる事が分る。試算例によると  $\gamma_0=4$  ( $F=0.3536$ ) のとき、深度  $1/8, 1/10$  の没水体に対し半没水船の造波抵抗は約 4.5% となる。またここには図示してないが船橋のみの造波抵抗と比較しても同じようなことがいえる。

$\gamma_0$  が 3 以下の場合には (5) 式から予想された通り船橋の造波現象による干渉を利用できずこの半没水船形の

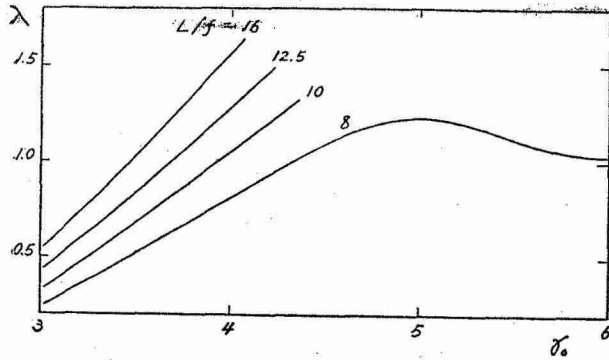


Fig. 1

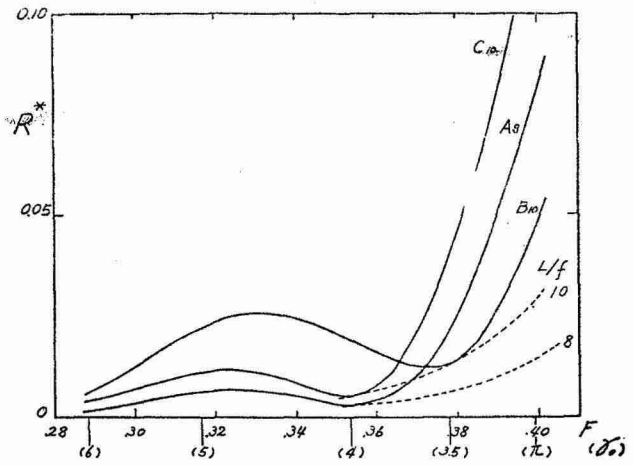


Fig. 3

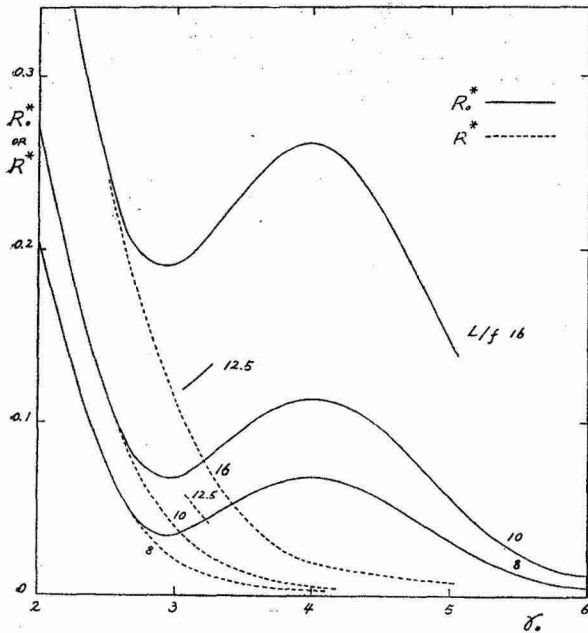


Fig. 2

Table 2

| Model                     | A     | B     | C     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Designed Point            |       |       |       |
| $L/f$                     | 8     | 10    | 10    |
| $\gamma_0$                | 4.0   | 3.5   | 4.0   |
| Revolution Body           |       |       |       |
| $L_{0a}$ (mm)             |       | 1,800 |       |
| $L$ (mm)                  |       | 1,600 |       |
| $D$ (mm)                  |       | 160   |       |
| $A_0$ (cm <sup>2</sup> )  |       | 201   |       |
| Bridge                    | A     | B     | C     |
| $L_{0a}$ (mm)             | 1,760 | 1,840 | 1,600 |
| $B_{max}$ (mm)            | 83.8  | 107.2 | 167.2 |
| $A_1$ (m <sup>2</sup> )   | 100.5 | 85.8  | 133.8 |
| $A_1'$ (cm <sup>2</sup> ) | 3.26  | 6.94  | 32.2  |
| $A_1/A_0$                 | 0.50  | 0.426 | 0.666 |
| Dispt. (kg)               | 39.2  | 38.2  | 43.2  |
| $S$ (m <sup>2</sup> )     | 1.106 | 0.985 | 1.072 |
| $C_p$                     | 0.804 | 0.812 | 0.737 |
| $C_B$                     | 0.546 | 0.621 | 0.704 |

利点は失われてしまう。一方  $\gamma_0$  が比較的大きい場合には船橋が大きくなりこの船形の利点はやはりなくなるであろう。このことは特定船形の造波抵抗係数曲線を求めてみると一層明らかである。Fig. 3 に模形実験に採用した3種の船形について計算した  $R^*$  をしめす。この場合 Fig. 2 の  $R^*$  の曲線は点線でしめすように一種の包絡線となる。以上のことからこの半没水船の最適速力の上限はフルード数で 0.35 から 0.4 の間であるといえることができる。

#### 4 供試模形

半没水船の理論にもとづいて第1段階として、次のような模形を作製した。すなわち没水回転体としては Source Sink 間の距離 1.6 m,  $L/D=10$  の Rankine's Ovoid を採用した。ただし後端では剥離をさけるために回転体の直径の2倍の長さの Taper 部を設け、その中点を Sink 点においた。Run の Half Angle は約 16.5° とした。

この没水部に組み合わせる船橋3個を作製した。それぞれの要目を Table 2 にしめす。Table 1 の  $A_1/A_0$  と比べ多少の相違がみられるのは模形製作時の手計算による誤差によるものである。なお  $A_1'$  は没水部と船橋との

結合部分の中央断面積をしめす。

Fig. 1 をかき直して  $\lambda$  の代りに模形の船橋幅 (ただし中央断面における) を, また  $r_0$  の代りに  $F$  をとつて供試模形の計画点をしめすと Fig. 4 のごとくなる。同図から分るように一定の船橋幅をもつ船形の最適フルード数は深度一定でも場合により一点に限らぬこと, また深度によつて変動することが分る。

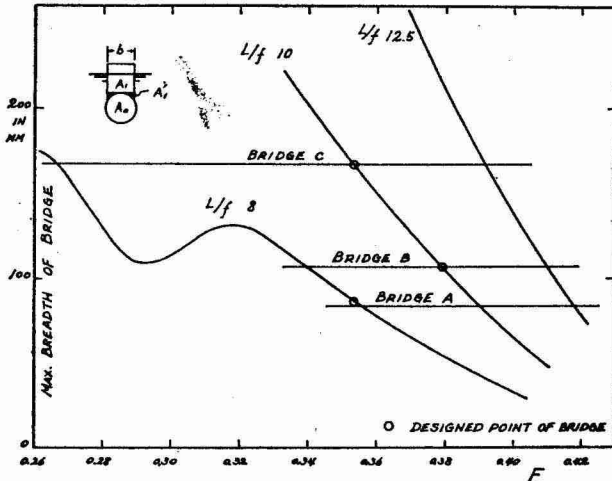


Fig. 4

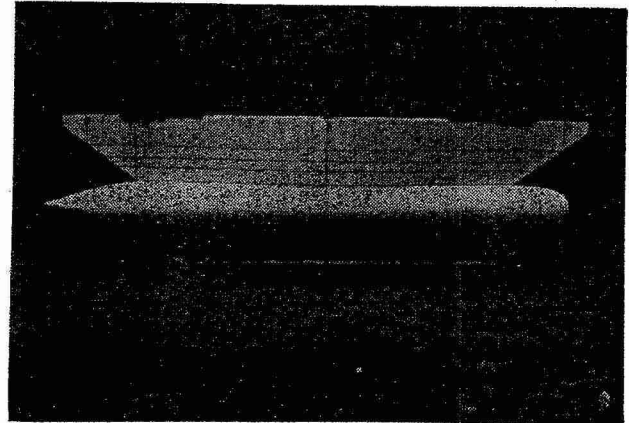


Fig. 5

船橋 A および B では前後端があまりに薄くなるので模形作製上 Stem と Stern Profile を Fig. 5 にしめすように Cut up し計画喫水にて所要の横切面積をとるようにしている。一方船橋 C は喫水方向に一定の水線で作製した。Fig. 6 に模形 A の理論的  $C_p$  曲線をしめす。鎖線は Ovoid の  $C_p$  曲線をしめす。ただし模形の  $C_p$  値の計算には  $L$  1,600 mm,  $L_{OA}$  1,800 mm の二通の場合につき実際の数値を求めて表示した。

### 5 抵抗試験

本船形の抵抗試験は実験的段階であるため Self stability を有しない範囲を含んでおるので, 一般水上船の場合と異なり前後方向の推力のみをとり出し, その他の方向の運動を拘束する状態で行なつた。すなわち前後方向の運動を許すスライド・ベアリングにて船を支え, ベアリングに過度の荷重が加わらぬよう浮力のバランスのみをとつた。

実験結果の一例を Fig. 7 に示す。ただし摩擦抵抗係数  $C_f$  の算出にあつては ITTC の次式を用いた。

$$C_f = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

Fig. 8 に計画喫水における理論計算と実験結果との比較をしめす。計算による造波抵抗  $R$  を造波抵抗係数  $C_w$  と無次元化するには次式によつた。

$$C_w = \frac{R}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} = \frac{8}{\pi} \frac{A_0^2}{L^2 \cdot S} (2\tau_0)^2 R^* \quad (11)$$

Fig. 7, 8 にしめしてある計画喫水以外の喫水 (深度) における計画速度は Fig. 4 から求めたものである。

Fig. 7 から各船形の相対的特性が理論計算にほぼ類似した傾向をもつており, かつそれぞれの計画速度付近まで極度に造波抵抗を減少しえたことが分る。

Fig. 8 について個々の船形についての考察をのべる。

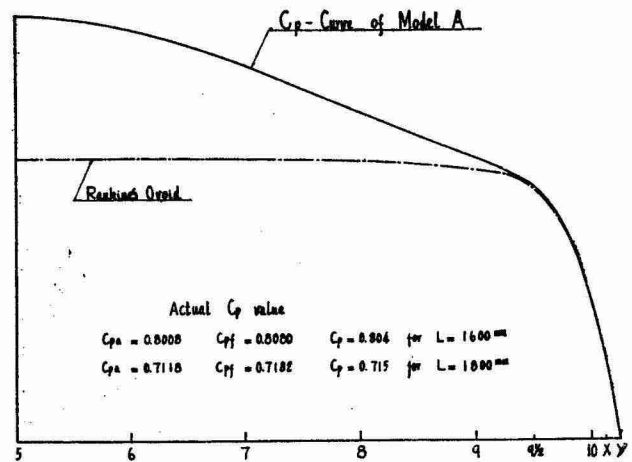


Fig. 6

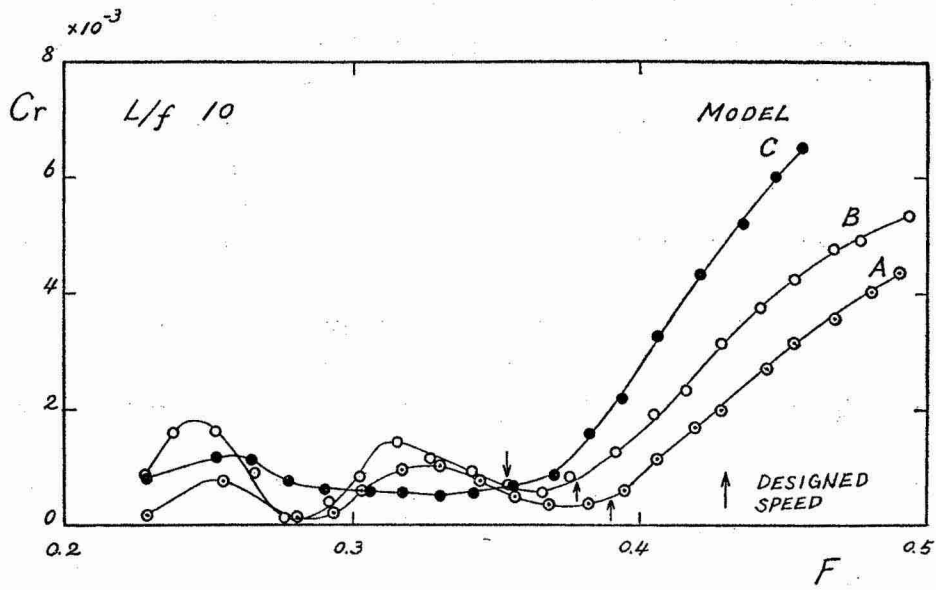


Fig. 7

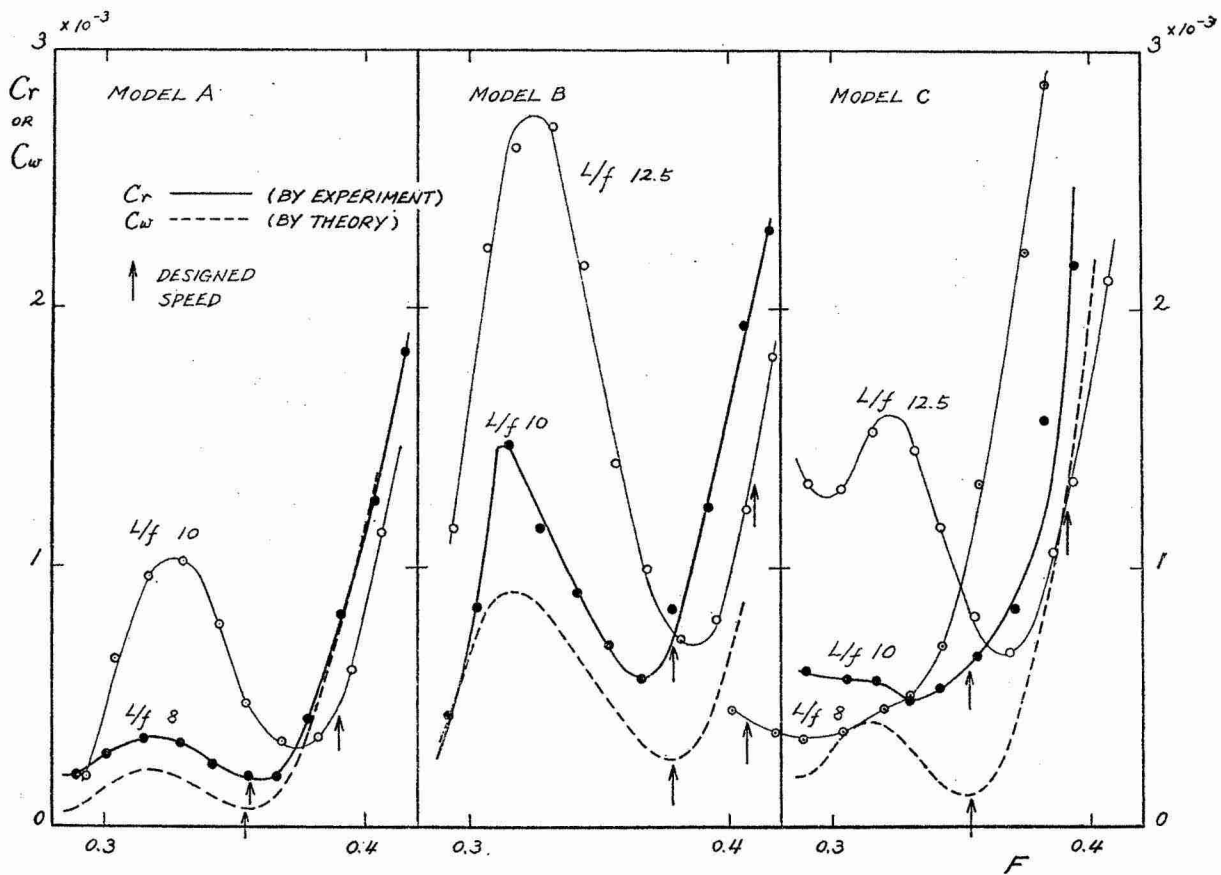


Fig. 8

A 模形:  $f/L=1/8$  の場合、いわゆる形状抵抗があるため実験値と理論値は一致していないが、 $F$  0.30~0.40 の範囲で両者の曲線の形は酷似している。模形の船橋幅がやや狭かたため、最適速度が  $F$  数で 1% 程度づれているがその量は極く僅かであるからほとんど計画通りの結果であると考えられる。この範囲で逆に  $K$  値を求めると 0.03 程度となり、この値をとると  $F > 0.37$  では計算値の抵抗の方が大きくなっていく。一方  $f/L=1/10$  の実験結果は予想されるように高速側に最適速度が移動しているが船橋形状が、理論値と多少相違してくるためやや不十分のようである。

B 模形： $f/L=1/10$  の場合、最適速度が計画点より 3% 程低速側にずれている。この理由には A 模形に比べ深度の浅くなつたこと、船橋の幅が増したこと、船橋と没水部の結合部が大きくなつたこと等があげられる。この内結合部の影響は  $(A_1+A_1')/A_0=0.462$  を面積比とすると、Fig. 4 から船橋幅 116mm に相等する最適速度は 0.374 となり約 1% 分と考えられる。最適速度にはなお 2% の差があるが、計画点付近の  $C_T$  を非常に小さくおさえることに成功したと考えられる。 $f/L=1/12.5$  の場合は A 模形の  $1/10$  の場合と同様最適速度は高速側にずれているが理論値よりは 6% 程低くなっている。

C 模形：C 模形は船橋幅が回転体の直径にほぼ等しい船形であり、その実験結果は A, B 模形と多少異つた傾向をしめした。すなわち理論曲線ははつきりした Hump Hollow をもっているが、実験結果は比較的平滑な形をしている。この傾向は  $f/L=1/8, 1/10$  の両状態にみられ船橋幅が増加してくると理論と実際の間には差異を生じてくることを暗示している。従つて最適速度の近似度はかなり低下する。しかしながら  $C_T$  の絶対値はかなり小さくおさえることが可能である。 $f/L=1/12.5$  の場合は B 模形と全く同様最適速度は高速側に移動するが、理論値よりは 6% 程低くなっている。

以上専ら造波抵抗に着目し、これを極小にするような半没水船形というものが理論的にも実験的にも存在する

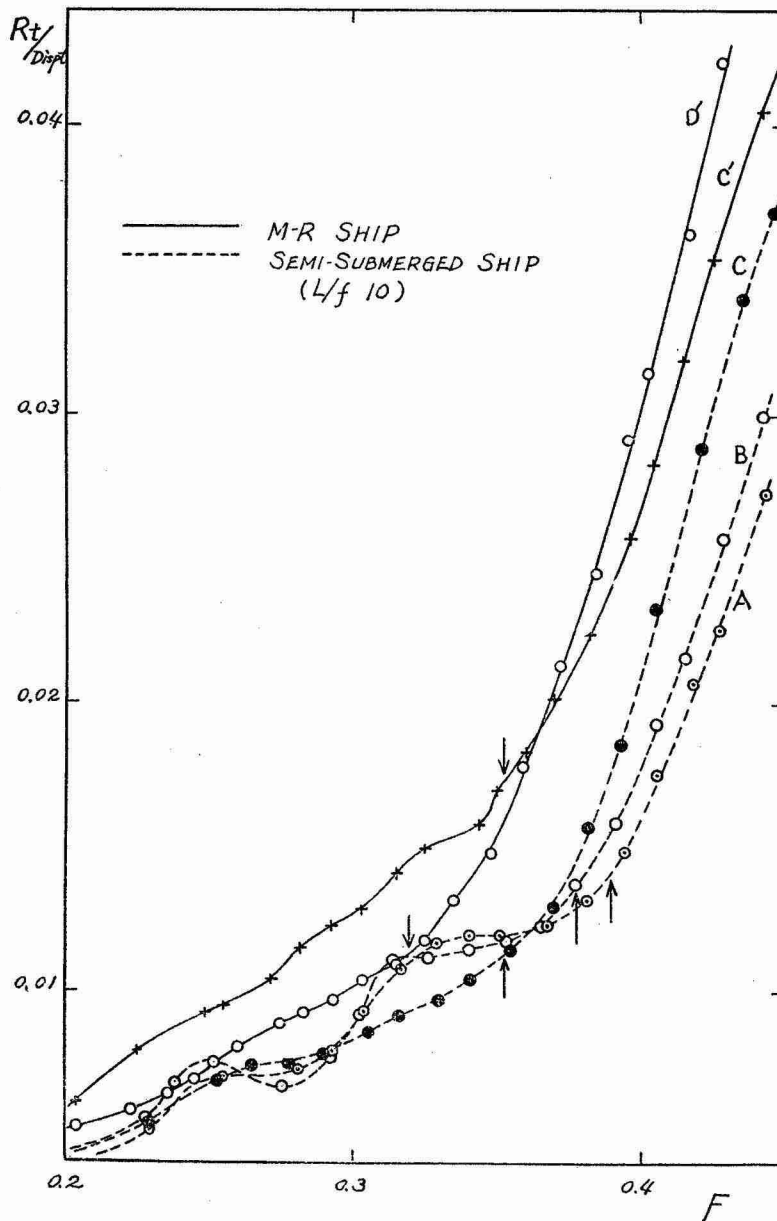


Fig. 9



Table 3

| Type<br>of Model    | M-R Ship                |                         | Semi-Submerged Ship     |                         |                         |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     | C'                      | D'                      | A <sub>10</sub>         | B <sub>10</sub>         | C <sub>10</sub>         |
| L (m)               | 2.0                     | 2.0                     | 1.60                    |                         |                         |
| B (m)               | 0.234                   | 0.265                   | 0.16 (Dia of Ovoid)     |                         |                         |
| d (m)               | 0.125                   | 0.125                   | 0.24                    |                         |                         |
| B/L                 | 0.117                   | 0.132                   | 0.10                    |                         |                         |
| d/L                 | 0.062                   | 0.062                   | 0.15                    |                         |                         |
| B/d                 | 1.875                   | 2.121                   | 0.666                   |                         |                         |
| ▽ (m <sup>3</sup> ) | 0.0327                  | 0.0327                  | 0.0364                  | 0.0382                  | 0.0432                  |
| ▽/L <sup>3</sup>    | 4.09 × 10 <sup>-3</sup> | 4.09 × 10 <sup>-3</sup> | 8.88 × 10 <sup>-3</sup> | 9.32 × 10 <sup>-3</sup> | 10.4 × 10 <sup>-3</sup> |
| C <sub>B</sub>      | 0.560                   | 0.495                   | 0.592                   | 0.621                   | 0.704                   |
| S (m <sup>2</sup> ) | 0.679                   | 0.678                   | 0.982                   | 0.985                   | 1.072                   |
| S/▽ <sup>2/3</sup>  | 6.64                    | 6.63                    | 8.95                    | 8.69                    | 8.69                    |
| F designed          | 0.3536                  | 0.3195                  | 0.390                   | 0.3782                  | 0.3536                  |

ことを実証した。しかしこの船形を実船の設計に応用するにはなお考えるべき問題が多々ある。今これを抵抗の面にのみ限ってみても半没水船は同一の排水量長比の水面上船に比較して浸水面積はかなり増加するから、造波抵抗の減少分は摩擦抵抗の増加によつて相当割引きされてしまう。従つて全抵抗を最小とするには没水部の深度をどのように選ぶべきか、ということがこの船形の今後に残された大きな問題の一つといえる。

しかしながらこの半没水船形が有望であるという一つの例として排水量当りの全抵抗を筆者の一人が昨年行なつた極小造波抵抗船形<sup>3)</sup>と比較して Fig.9 にしめす。Table 3 にこれら理論船形の排水量長比等をまとめて表示した。

## 6 む す び

いままでの研究をとりまとめると次のごとくなる。

(1) 船体を没水部と水面を貫通する船橋との二つの部分に分け、没水部には Rankine's Ovoid を、船橋には Cos 曲線の自乗の横切面積曲線を有する形状を組合せた船形は、これら二つの部分のおこす波が互に相殺してある速度範囲で造波抵抗を極小とする性質をもっていることが理論的にも実験にも確められた。

(2) このような半没水船の最適フルード数の上限は 0.35~0.40 の間にとることができる。しかし 0.40 をこえる範囲では船橋の造波現象による干渉を利用できずこの船形の利点は失われる。

(3) フルード数 0.35~0.40 の範囲では、没水部の形状深度を一定とするならば船橋幅を狭くするほど、また形状が一定ならば深度を浅くするほど First Hollow は高速側に移動する。

(4) 没水体の深度の深いときは造波抵抗理論による計算値と実験値との近似度は高い。深度が浅くなるに従つて最適速度は理論値より多少下まわってくる。また船橋幅が増加するにつれて理論値の近似性は低下する。

(5) しかしなが模形の剰余抵抗係数は極めて小さな値を示し、今後なお研究するに値する船形と考える。

終りに臨み本研究によせられた浦賀重工業船舶事業部長狩野忠男氏、技術顧問大園大輔氏のご好意とご援助に感謝する。また本船形の水槽実験遂行に熱心に協力して載いた横浜国立大学の田草川、田端、笠原、宮川の各氏理論計算に協力された浦賀重工業基本設計課永松秀一氏に深甚な謝意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) Semi-Submerged Ship :  
E. V. Lewis & J. P. Breslin ; "Semi-Submerged Ships for High Speed Operation in Rough Seas" 3rd. Symp. on Naval Hydrodynamics, 1960 (327~373)  
H. Boericke ; "Unusal Displacement Hull Forms for Higher Speeds" ISP. Vol. 6, No. 58, June 1959  
P. Mandel ; "A Comparative Evaluation of Novel Ship Types" SNAME. 1962 (128~191)
- 2) 丸尾孟 ; "Calculation of the Wave Resistance of Ships, the Draught of which is as Small as the Beam" 造船協会論文集, 第 112 号 1962 (21-38)
- 3) 丸尾・別所 ; "極小造波抵抗の船型" 造船協会論文集, 第 114 号, 1963 (9-23)