

船體斷面形狀과 造波抵抗과의 關係

鄭 正 桓*

The Relation between the Sectional Form of the Ship and the Wave Resistance

by

Jung Han Chung*

Abstract

This paper was intended to compare the relationship between sectional form of ships and wave making resistance by calculating the resistance value practically rather than theoretically. As the sectional form of ships, four types of quadratic ship forms was introduced and the wave making resistance was calculated by the Slender Ship Theory.

The main result obtained in this paper is the following.

The relationship between the displacement distribution of draught direction in the given sectional form of ships and the resistance value was shown.

It was supposed that the resistance value will decrease with the increase of the displacement distribution of draught direction and it was proved by the numerical value.

1. 序 論

船型の 要素와 船體抵抗과의 關係는 오래前부터 船型改良의 基本問題의 하나로서 많은 研究가 있었으며 實驗的으로는 Taylor [1] Ackerson [2] 등에 依하여 많은 資料가 提供되어 졌고 그 後에도 Pien [3] 등에 依하여 繼續 研究된 것이 있으나, 理論的인 面에서는 Havelock [4]에 依한 것을 除外하면 거이 없는 狀態인 것이다. 本文에서는 船型要素로서 船體斷面形狀을 取하고 船體抵抗으로서는 造波抵抗을 取하여, 結果的으로 船體斷面形狀과 造波抵抗과의 關係를 特定條件下에서 究明해 본 것이다. 造波抵抗算定에는 Maruo [5]의 細長船理論을 使用하였으며 船型으로서는 2次式 船型을 採擇한 것이다.

2. 細長船理論과 2次式船型

細長船理論에 使用된 記號는

v : 船速 또는 平行流의 流速이고,

x, y, z 는 直角座標로서 x 軸은 平行流의 흐름 方向으로 取하고, y 軸은 自由水面上에 取하고 z 軸은

鉛直上方으로 取한다.

ρ : 流體密度, L : 배의 길이, B : 船幅, T : 배의 吃水 이고

$l=L/2, b=B/2, \beta=b/l, \tau=T/b, \xi=x/l, \eta=y/b, \zeta=z/b, K=g/v^2, K_1=Kl=gl/v^2, F_n=v/\sqrt{gl}=1/\sqrt{K_1}$: Froude Number 이며, g 는 重力 加速度 이다.

이때 細長船理論은

$$R = -\rho v^2 b^2 \beta^2 \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_{\epsilon(1)} t(\eta', \xi') ds' \cdot \int_{\epsilon(1)} t(\eta, \xi) \times \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 \sqrt{(\eta' - \eta)^2 + (\xi' + \xi)^2} \right| ds \right. \\ \left. + \frac{1}{2\pi} \int_{\epsilon(-1)} t(\eta', \zeta') ds' \cdot \int_{\epsilon(-1)} t(\eta, \zeta) \times \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 \sqrt{(\eta' - \eta)^2 + (\xi' + \xi)^2} \right| ds \right. \\ \left. - S'(1) S'(-1) Y_0(2K_1) - S'(1) \int_{-1}^1 S''(\xi) Y_0(K_1(\xi - 1)) \right| d\xi + S'(-1) \int_{-1}^1 S''(\xi) Y_0(K_1(\xi + 1)) \right| d\xi \\ \left. + \frac{1}{2} \int_{-1}^1 d\xi' \int_{-1}^1 S''(\xi') S''(\xi) Y_0(K_1(\xi' - \xi)) \right| d\xi \quad (1)$$

이다.

但, $t(\eta, \xi) = \frac{\partial \eta}{\partial z}$ 이고 $\log \gamma$ 는 Euler의 常數이며

$Y_0(x)$ 는 第2種 Neumann의 Bessel function 이고, 또한 $b^2S(\xi)$ 는 橫斷面積이며, $S'(\xi)$, $S''(\xi)$ 는 各各 $S(\xi)$ 의 第1次, 第2次 導函數이다.

다음 船型 은 0型, □型, ▽型, △型의 4種이고, 이들의 方程式은 各各 다음과 같다.

$$(1) \text{ 0型} : y = \frac{B}{2} \left[1 - \left(\frac{2x}{L} \right)^2 \right] \cdot \left[1 - \left(\frac{z}{T} \right)^2 \right] \quad (2)$$

이며 이것을 無次元化시키면

$$\eta = (1 - \xi^2) \cdot \left[1 - \left(\frac{\xi}{\tau} \right)^2 \right] \quad (3)$$

이 된다. 이것은 배의 길이 方向과 吃水方向이 同時에 2次式으로 表示되는 船型이다.

$$(2) \text{ □型} : y = \frac{B}{3} \cdot \{ 1 - (2x/L)^2 \} \quad (4)$$

이며 이것을 無次元化시키면

$$\eta = \frac{2}{3} (1 - \xi^2) \quad (5)$$

이 된다. 이것은 배의 幅이 배의 길이 方向으로 2次式變化를 하며 吃水方向으로는 不變인 船型이다.

$$(3) \text{ ▽型} : y = \frac{2}{3} B \{ 1 - (2x/L)^2 \} \cdot \{ 1 + (z/T) \} \quad (6)$$

이며 이것을 無次元化시키면

$$\eta = \frac{4}{3} (1 - \xi^2) \left(1 + \frac{\xi}{\tau} \right) \quad (7)$$

이 된다. 이것은 배의 폭이 배의 길이 方向으로 2次式으로서 變化되고, 吃水方向으로는 1次式으로 變化되는 船型이다.

$$(4) \text{ △型} : y = -\frac{2}{3} B \{ 1 - (2x/L)^2 \} (z/T) \quad (8)$$

이며 이것을 無次元化시키면

$$\eta = -\frac{4}{3} (1 - \xi^2) \cdot \frac{\xi}{\tau} \quad (9)$$

이 된다. 이것은 배의 幅이 배의 길이 方向으로 2次式으로 變化되고, 吃水는 水線上에서 零이든 船幅이 船底에서는 一定幅을 維持토록 1次式 變化를 시킨 船型으로서 (6)의 型과 逆으로 된 것이다.

(2), (4), (6), (8) 어느 것이나 同一吃水에서는 同一 橫斷面積을 갖이게 됨으로 배의 길이를 同一하게 해주면 排水量이 同一한 것이 된다.

3. 數值計算

먼저 다음의 積分計算을 한다.

$$\begin{aligned} I_m \{ A(x+a) \} &= \int x^m \cdot \log | A(x+a) | \cdot dx \\ &= \frac{x^{m+1}}{m+1} \cdot \log | A(x+a) | - \frac{1}{m+1} \int \frac{x^{m+1}}{x+a} \cdot dx \\ &= \frac{x^{m+1}}{m+1} \cdot \log | A(x+a) | - \frac{1}{m+1} \int \left[x^m - ax^{m-1} \right. \\ &\quad \left. + a^2x^{m-2} \dots + (-1)^m a^m + (-1)^{m+1} \frac{a^{m+1}}{x+a} \right] \cdot dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{x^{m+1}}{m+1} \cdot \log | A(x+a) | - \frac{1}{m+1} \left[\frac{x^{m+1}}{m+1} - a \frac{x^m}{m} \right. \\ &\quad \left. + a^2 \frac{x^{m-1}}{m-1} + \dots + (-1)^m a^m x \right. \\ &\quad \left. + (-1)^{m+1} \cdot a^{m+1} \cdot \log | x+a | \right] \quad (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot \log | A(\zeta' + \zeta) | \cdot d\zeta \\ &= I_0 \{ A(\zeta' + \zeta) \} - \frac{1}{\tau^2} I_2 \{ A(\zeta' + \zeta) \} \\ &= \left[\zeta \cdot \log | A(\zeta' + \zeta) | - [\zeta \zeta' + \zeta] \cdot \log | \zeta' + \zeta | \right] - \frac{1}{\tau^2} \left[\frac{\zeta^3}{3} \right. \\ &\quad \left. \times \log | A(\zeta' + \zeta) | - \frac{1}{3} \left[\frac{\zeta^3}{3} - \zeta \frac{\zeta^2}{2} + \zeta'^2 \cdot \zeta - \zeta^3 \log | \zeta' \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \zeta | \right] \right] \Big|_{-\tau}^0 = \zeta' \cdot \log | \zeta' | - \frac{1}{3\tau^2} \zeta'^3 \cdot \log | \zeta' | \\ &\quad + \frac{2}{3} \tau \log | A(\zeta' - \tau) | - \zeta' \cdot \log | \zeta' - \tau | + \frac{1}{3\tau^2} \zeta'^3 \cdot \log | \zeta' - \tau | \\ &\quad - \frac{8}{9} \tau + \frac{1}{6} \zeta' + \frac{1}{32} \zeta'^2 \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right]^2 d\zeta' \cdot \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot \log | A(\zeta' + \zeta) | \cdot d\zeta = \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta'}{\tau} \right)^2 \right] \cdot I_0 \cdot d\zeta' \\ &= \int_{-\tau}^0 I_0 d\zeta' - \frac{1}{\tau^2} \int_{-\tau}^0 \zeta'^2 I_0 \cdot d\zeta' \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_4 &= \int_{-\tau}^0 I_0 \cdot d\zeta' = \left[I_1(\zeta') - \frac{1}{3\tau^2} I_3(\zeta') + \frac{2}{3} \tau I_0 \{ A(\zeta' - \tau) \} \right. \\ &\quad \left. - I_1(\zeta' - \tau) + \frac{1}{3\tau^2} I_3(\zeta' + \tau) - \frac{8}{9} \tau \zeta' + \frac{1}{12} \tau'^2 \right. \\ &\quad \left. + \frac{\zeta'^3}{9\tau} \right] \Big|_{-\tau}^0 \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_4 &= \int_{-\tau}^0 \zeta'^2 \cdot I_0 \cdot d\zeta' = \left[I_3(\zeta') - \frac{1}{3\tau^2} I_5(\zeta') + \frac{2}{3} \tau I_3 \{ A(\zeta' - \tau) \} \right. \\ &\quad \left. - I_3(\zeta' - \tau) + \frac{1}{3\tau^2} I_5(\zeta' + \tau) - \frac{8}{27} \tau \zeta'^3 + \frac{1}{24} \zeta'^4 \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{15\tau} \zeta'^5 \right] \Big|_{-\tau}^0 \quad (14) \end{aligned}$$

(10)으로부터

$$\left[I_1(\zeta') \right]_{-\tau}^0 = \int_{-\tau}^0 \zeta' \cdot \log | \zeta' | \cdot d\zeta' = -\frac{\tau^2}{2} \log | \tau | + \frac{1}{4} \tau^2 \quad (15)$$

$$\left[I_3(\zeta') \right]_{-\tau}^0 = -\frac{\tau^4}{4} \log | \tau | + \frac{1}{16} \tau^4 \quad (16)$$

$$\left[I_5(\zeta') \right]_{-\tau}^0 = -\frac{\tau^6}{6} \log | \tau | + \frac{1}{36} \tau^6 \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \left[I_0 \{ A(\zeta' - \tau) \} \right]_{-\tau}^0 &= \int_{-\tau}^0 \log | A(\zeta' - \tau) | \cdot d\zeta' \\ &= \tau \log | 4 A\tau | - \tau \quad (18) \end{aligned}$$

$$\left[I_1(\zeta' - \tau) \right]_{-\tau}^0 = -\frac{1}{2} \tau^2 \cdot \log | \tau | - \frac{1}{4} \tau^2 \quad (19)$$

$$\left[I_2 \{ A(\zeta' - \tau) \} \right]_{-\tau}^0 = \frac{1}{3} \tau^3 \log | 4 A\tau | - \frac{5}{18} \tau^3 \quad (20)$$

$$\left[I_3(\zeta' - \tau) \right]_{-\tau}^0 = -\frac{1}{4} \tau^4 \log | \tau | - \frac{7}{48} \tau^4 \quad (21)$$

$$\left[I_5(\zeta' - \tau) \right]_{-\tau}^0 = -\frac{1}{6} \tau^5 \log | \tau | - \frac{37}{360} \tau^5 \quad (22)$$

따라서 I_c 는 (15), (16), (18), (19), (21)로 부터

$$I_c = \frac{2}{3}\tau^2 \log |4 A\tau| - \frac{79}{72}\tau^2 \quad (23)$$

이 되고, I_d 는 (16), (17), (20), (21), (22)로 부터

$$I_d = \frac{2}{9}\tau^4 \log |4 A\tau| - \frac{7}{24}\tau^4 \quad (24)$$

가 된다. 따라서

$$I_3 = \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot d\zeta' \cdot \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot \log |A(\zeta' - \zeta)| \cdot d\zeta'' + \frac{4}{9}\tau^2 \log |4 A\tau| - \frac{29}{36}\tau^2 \quad (25)$$

가 된다.

[A] U型 船型에 對해서

$$t(\zeta, \zeta) = \left| \frac{dn}{d\zeta} \right| = 2\zeta \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \quad \text{이기 때문에}$$

$$t(1, 0, \zeta) = t(-1, 0, \zeta) = 2 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \quad (26)$$

이 된다. 또한

$$S(\zeta) = 2 \int_{-\tau}^0 \gamma \cdot d\zeta' - 2 \int_{-\tau}^0 (1 - \zeta^2) \cdot \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot d\zeta = \frac{4}{3}(1 - \zeta^2) \quad (27)$$

이기 때문에

$$\left. \begin{aligned} S'(\zeta) &= -\frac{8}{3}\zeta \\ S''(\zeta) &= -\frac{8}{3} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

이 된다. (25), (26)으로 부터

$$\int_{\epsilon(1)} \int_{\epsilon(1)} t(\zeta', \zeta') \cdot d\zeta'' \cdot \int_{\epsilon(1)} t(\zeta, \zeta) \cdot \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 \right. \\ \times \sqrt{(\zeta' - \zeta)^2 + (\zeta'' + \zeta)^2} \Big| \cdot d\zeta = 16 \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] d\zeta' \\ \cdot \int_{-\tau}^0 \left[1 - \left(\frac{\zeta}{\tau} \right)^2 \right] \cdot \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 (\zeta' + \zeta) \right| d\zeta \\ = \frac{64}{9}\tau^2 \log |\gamma \beta K_1 \tau| - \frac{116}{9}\tau^2 \quad (29)$$

이고, (28)에서

$$S'(1) \cdot S'(-1) \cdot Y_0(2K_1) = -\frac{64}{9}\tau^2 Y_0(2K_1) \quad (30)$$

이 된다. P 函數[6]를 使用하여

$$\int_{-1}^1 S''(\xi) Y_0\{K(\xi-1)\} d\xi = -\frac{8}{3} \tau \int_{-1}^1 Y_0\{K_1(\xi-1)\} \cdot d\xi \\ = \frac{8}{3} \tau \cdot \left. \frac{2}{\pi K_1} [P_0\{K_1(\xi-1)\}] \right|_{-1}^1 = \frac{16\tau}{3\pi K_1} [P_0(0) \\ - P_0(-2K_1)] = \frac{16\tau}{3\pi K_1} P_0(2K_1) \quad (31)$$

이 된다.

따라서

$$\int_{-1}^1 S''(\xi) Y_0\{K_1(\xi+1)\} d\xi = \frac{16\tau}{3\pi K_1} P_0(2K_1) \quad (32)$$

가 되고,

$$\int_{-1}^1 d\xi' \int_{-1}^1 S''(\xi') S''(\xi) Y_0\{K_1(\xi' - \xi)\} \cdot d\xi$$

$$= -\frac{64}{9}\tau^2 \int_{-1}^1 d\xi' \int_{-1}^1 Y_0\{K_1(\xi' - \xi)\} \cdot d\xi \\ = \frac{64}{9}\tau^2 \int_{-1}^1 d\xi' \cdot \left. \frac{2}{\pi K_1} P_0\{K_1(\xi' - \xi)\} \right|_{-1}^1 \\ = \frac{128}{9\pi K_1} \tau^2 \int_{-1}^2 [P_0\{K_1(\xi' - 1)\} - P_0\{K_1(\xi' + 1)\}] \cdot d\xi' \\ = \frac{256}{9\pi K_1^2} \tau^2 [P_1(0) - P_1(2K_1)] \quad (33)$$

따라서 (1)의 第1, 第2項의 合을 R_1 , 第3項을 R_2 , 第4, 第5項의 合을 R_3 , 第6項을 R_4 라 하면 (1)은

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (34)$$

가 되고, (29), (30), (31), (32), (33)으로 부터

$$R_1 = -\frac{1}{9\pi} 2 \rho^2 b^2 (\beta \tau)^2 \left[\frac{1}{32} \log |\gamma \beta K_1| - 58 \right] \quad (35)$$

$$R_2 = -\frac{1}{9\pi} 2 \rho^2 b^2 (\beta \tau)^2 \cdot 32 \pi Y_0(2K_1) \quad (36)$$

$$R_3 = -\frac{1}{9\pi} 2 \rho^2 b^2 (\beta \tau)^2 \cdot \frac{128}{K_1} P_0(2K_1) \quad (37)$$

$$R_4 = -\frac{1}{9\pi} 2 \rho^2 b^2 (\beta \tau)^2 \left[\frac{64}{K_1^2} P_1(0) - \frac{64}{K_1^2} P_1(2K_1) \right] \quad (38)$$

(35), (36), (37), (38)을 $\frac{1}{2} \rho^2 B^2 = 2 \rho^2 b^2$ 으로 나눈 뒤 各各 C_1, C_2, C_3, C_4 라 하고 Y_0 函數 및 P 函數表[7]를 使用하여 計算을 行한다.

배의 길이는 200 cm 이고, 吃水는 15.0 cm, 12.5 cm, 10.0 cm, 7.5 cm, 5.0 cm, 2.5 cm의 6가지 경우에 對하여 計算한 結果를 그림 1에 表示하였다.

[B] □型 船型의 對해서

前項 (A)의 2次式 船型은 幅이 배의 길이와 吃水의 兩方으로 2次式 變化를 하도록 되어 있다. 그러나 (4) (6) (8)에서 取해진 船型은 배의 길이 方向에는 2次式으로 變化하지 마는 吃水 方向으로는 直線적으로 變化하도록 되어 있다. (1)에서 第3項, 第4項, 第5項, 第6項은 橫斷面積이 同一한 때는 주어질 K_1 即 주어질 速度에 對해서는 그의 값이 同一해지고, 第1項, 第2項은 橫斷面積에 依存하지 않는다. 따라서 數值計算은 橫斷面積을 同一하게 取하고 있음으로 (1)의 第1項, 第2項의 數值差가 問題되고, 그들과인 R_1 의 計算이 關係될 따름이다.

여기서 다음 積分을 行한다.

$$I_A = \int_{-\tau}^0 \log |A(\zeta' + \zeta)| d\zeta' = -\log |A(\zeta' - \tau)| - \zeta' \cdot \log |\zeta' - \zeta| \log |\zeta' - \tau| \quad (39)$$

$$I_B = \int_{-\tau}^0 \zeta \cdot \log |A(\zeta' + \zeta)| d\zeta' = -\frac{\tau^2}{2} \cdot \log |A(\zeta' - \tau)| \\ + \frac{1}{4}\tau^2 + \frac{1}{2}\tau\zeta' - \frac{1}{2}\zeta'^2 \cdot \log |\zeta'| \\ + \frac{1}{2}\zeta_1^2 \cdot \log |\zeta' - \tau| \quad (40)$$

$$I_C = \int_{-\tau}^0 \log |A(\zeta' - \tau)| \cdot d\zeta' = -\tau \cdot \log |4 A\tau| - \tau \quad (41)$$

$$I_D = \int_{-\tau}^0 \zeta' \log |\zeta'| \cdot d\zeta' = -\frac{\tau^2}{2} \log |\tau| + \frac{1}{4} \tau^2 \quad (42)$$

$$I_E = \int_{-\tau}^0 \zeta' \cdot \log |\zeta' - \tau| \cdot d\zeta' = -\frac{\tau^2}{2} \cdot \log |\tau| - \frac{1}{4} \tau^2 \quad (43)$$

$$I_F = \int_{-\tau}^0 \zeta'^2 \cdot \log |\zeta'| \cdot d\zeta' = \frac{\tau^3}{3} \log |\tau| - \frac{1}{9} \tau^3 \quad (44)$$

$$I_G = \int_{-\tau}^0 \zeta'^2 \cdot \log |\zeta' - \tau| \cdot d\zeta' \\ = \frac{2}{3} \tau^3 \log |2\tau| - \frac{\tau^3}{3} \log |\tau| - \frac{5}{18} \tau^3 \quad (45)$$

$$I_H = \int_{-\tau}^0 \zeta' \log |A(\zeta' - \tau)| \cdot d\zeta' = -\frac{\tau^2}{2} \log |\tau A| - \frac{\tau^2}{4} \quad (46)$$

$$I_J = \int_{-\tau}^0 \zeta'^3 \log |\zeta'| d\zeta' = -\frac{\tau^4}{4} \log |\tau| + \frac{\tau^4}{16} \quad (47)$$

$$I_K = \int_{-\tau}^0 \zeta'^3 \log |\zeta' - \tau| d\zeta' = -\frac{\tau^4}{4} \log |\tau| - \frac{7}{48} \tau^4 \quad (48)$$

(5)에서 $\eta = \frac{2}{3}(1 - \xi^2)$ 이므로

$$t(\eta, \xi) = \left| \frac{d\eta}{d\xi} \right| \text{ 로 부터}$$

$$t(1, 0, \zeta) = t(-1, 0, \zeta) = \frac{4}{3} \text{ 가 된다.}$$

따라서 (1)로 부터

$$\int_{c(1)} t(\eta', \zeta') ds' \cdot \int_{c(1)} t(\eta, \zeta) \cdot \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 \right. \\ \left. \sqrt{(\eta' - \eta)^2 + (\zeta' + \zeta)^2} \right| \cdot ds \\ = \frac{64}{9} \int_{-\tau}^0 d\zeta' \int_{-\tau}^0 \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 (\zeta' + \zeta) \right| \cdot d\zeta \\ = \frac{64}{9} \int_{-\tau}^0 I_A d\zeta' = \frac{64}{9} \tau^2 \left[\log |\gamma \beta K_1 \tau| - \frac{3}{2} \right] \quad (49)$$

따라서 R_1 에 의한 造波抵抗係數를 $\square C_{w1}$ 이라 하면

$$\square C_{w1} = -\frac{32}{9\pi} (\beta\tau)^2 \left[\log |\gamma K_1(\beta\tau)| - 3/2 \right] \quad (50)$$

이다. 여기서 $\beta\tau = T/l$ 이다.

Fig. 2는 (50)의 結果를 表示한 것이다.

[C] ∇ 型船型에 對하여

(7)에 依하여

$$\eta = \frac{4}{3}(1 - \xi^2) \cdot \left(1 + \frac{\zeta}{\tau}\right) \text{ 이므로}$$

$$t(1, 0, \zeta) = t(-1, 0, \zeta) = \frac{8}{3} \left(1 + \frac{\zeta}{\tau}\right) \text{ 가 된다.}$$

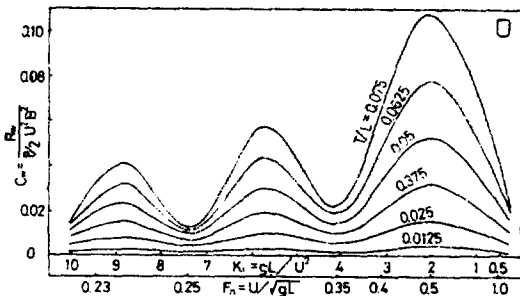


Fig. 1 $Y = B/2\{1 - (2X/L)^2\}$. By Slender Ship Theory

따라서 (1)은

$$\frac{256}{9} \int_{-\tau}^0 \left(1 + \frac{\zeta'}{\tau}\right) d\zeta' \left\{ I_A + \frac{1}{\tau} I_B \right\} \\ = \frac{256}{9} \left\{ \frac{\tau}{2} I_C + I_D - I_E + \frac{1}{2\tau} I_F - \frac{1}{2\tau} I_G + \frac{1}{2} I_H - \frac{1}{2\tau^2} I_J \right. \\ \left. + \frac{1}{2\tau^2} I_K - \frac{11}{24} \tau^2 \right\}$$

이고, 이것은 (41), (42), (43), (44), (45), (46), (47), (48)에 依하여

$$\frac{256}{9} \left\{ \frac{1}{4} \log |4 \gamma \beta K_1 \tau| - \frac{1}{3} \log 2 - \frac{29}{48} \right\} \tau^2 \quad (51)$$

이고 R_1 에 對한 造波抵抗係數를 ∇C_{w1} 이라 하면

$$\nabla C_{w1} = -\frac{32}{9\pi} (\beta\tau)^2 \left\{ \log \left| 4 \gamma K_1(\beta\tau) \right| \right. \\ \left. - \frac{4}{3} \log 2 - \frac{29}{12} \right\} \quad (52)$$

이다.

Fig. 3은 (52)의 結果를 表示한 것이다.

[D] \triangle 型船型에 對하여

이것은 (9)에 依하여 $\eta = -\frac{4}{3}(1 - \xi^2) \frac{\zeta}{\tau}$ 이고

$$t(1, 0, \zeta) = t(-1, 0, \zeta) = \frac{8}{3} \frac{\zeta}{\tau} \text{ 이므로 (1)은}$$

$$\frac{256}{9\tau^2} \int_{-\tau}^0 \zeta' \cdot d\zeta' I_B = \frac{256}{9} \tau^2 \left\{ \frac{1}{4} \log \left| \frac{1}{4} \gamma \beta K_1 \tau \right| \right. \\ \left. + \frac{1}{16} \right\} \quad (53)$$

이다. R_1 에 對한 造波抵抗係數를 $\triangle C_{w1}$ 이라 하면

$$\triangle C_{w1} = -\frac{32}{9\pi} (\beta\tau)^2 \left\{ \log \left| \frac{1}{4} \gamma K_1(\beta\tau) \right| + \frac{1}{4} \right\} \quad (54)$$

이 된다. Fig. 4는 (54)의 結果를 表示한 것이다.

그리고 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10은 $\square, \square, \nabla, \triangle$ 의 船型에 對한 抵抗係數를 吃水別로 表示한 것이다.

4. 檢討 및 考察

船體斷面形狀으로서 (2), (4), (6), (8)式으로 表現되는 4個의 2次式 船型을 取하여 造波抵抗은 細長船理論에 依하여 處理하였는데 Kotick & Thomsen[8]에 따

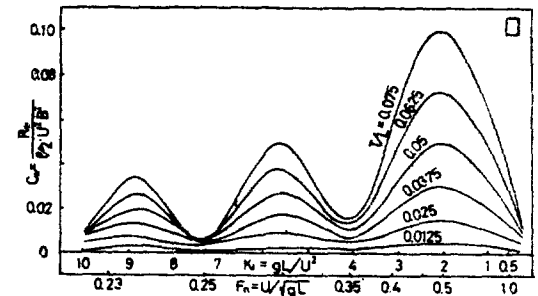


Fig. 2 $Y = B/3\{1 - (2X/L)^2\}$. By Slender Ship Theory

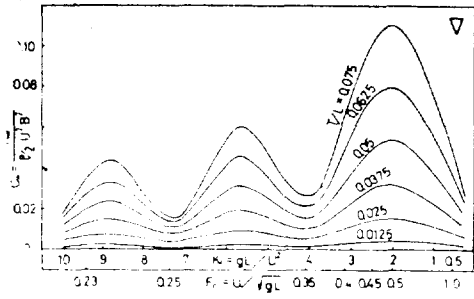


Fig 3 $Y = 2B/3 \{1 - (2X/L)^2\} \{1 - (Z/T)^2\}$ By Slender Ship Theory

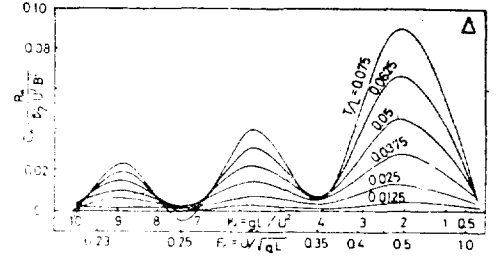


Fig 4 $Y = -2B/3 \{1 - (2X/L)^2\} (Z/T)$ By Slender Ship Theory

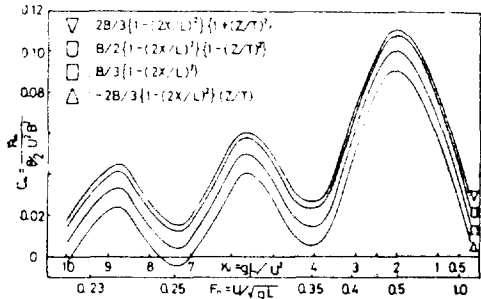


Fig 5 $T/L = 0.075$ By Slender Ship Theory

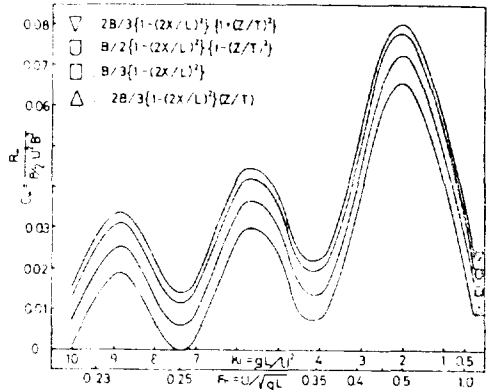


Fig 6 $T/L = 0.0625$ By Slender Ship Theory

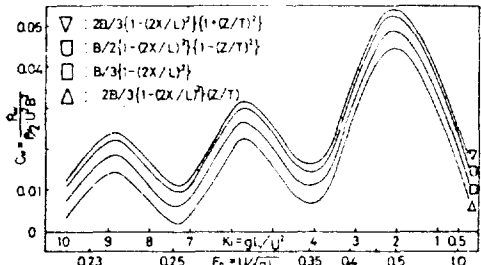


Fig 7 $T/L = 0.05$ By Slender Ship Theory

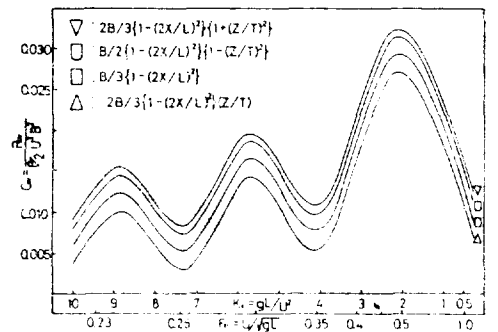


Fig 8 $T/L = 0.0375$ By Slender Ship Theory

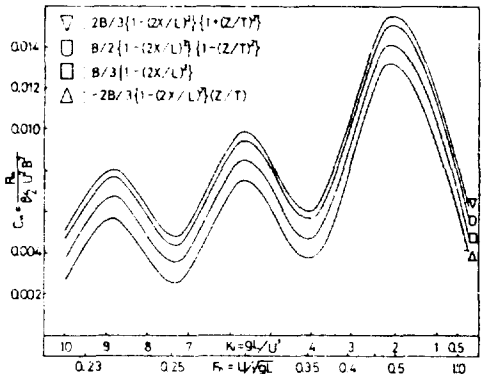


Fig 9 $T/L = 0.025$ By Slender Ship Theory

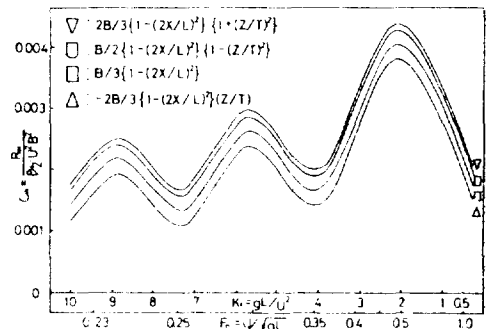


Fig 10 $T/L = 0.0125$ By Slender Ship Theory

르던, 細長船理論은 그 式 自身이 高速에서는 矛盾點을 內包하고 있으므로 그 點에 對해서는 再論하는 機會를 考慮하면서 今般에는 그냥 處理 하였다. 問題는 適切한 修正이 向한 것으로서 處理 됨이 妥當한 것이나, 大體의인 傾向을 數值的으로 明白히 한다는 뜻에서는 支障없는 것으로 보아질 수 있기 때문에 今般의 目的한바에는 不足 없는 것으로 생각된다. (2), (4), (6), (8) 式으로 주어진 船型은 그야말로 極端的인 形狀을 주는 것이고, 形狀 如何에 따라 造波抵抗값의 確實한 變化를 把握할 수 있는 것이다. 앞으로의 問題點은 上述한 것처럼 適切한 修正에 依한 處理가 있으나, 이는 相當한 難點을 안고 있기 때문에 보다 많은 努力이 加해질 것이고, 또한 結果는 더 細密한 것을 즐것으로 期待는 된다.

5. 結 論

上述한 것을 綜合하여 다음의 結論을 얻을 수 있다.

1. 造波抵抗値는 Δ , \square , \square , ∇ 形, 斷面形의 順으로 그 값이 적어진다.
2. 위의 結論에서 排水量의 分布가 水線下로 移動함에 따라 造波抵抗 값은 적어진다.
3. 細長船理論에 依한 造波抵抗値는 斷面形狀이 주어지면, 어느 特定斷面形에 對한 값을 알 때 곧 알 수 있게 되어 있다.

6. 參考文獻

- [1] Taylor, D.W. "Resistance of Ships and Screw Propeller," 1893.
- [2] Ackerson, J.L. "Test Results of a Series of Fifteen Models," *S.N.A.M.E.*, 1930.
- [3] Pao C. Pien, "A Hull Form Design Procedure for High-Speed Displacement Ships," *S.N. A.M. E.*, 1968.
- [4] T.H. Havelock, "Wave Patterns and Wave Resistance," *T.I.N.A.*, 1934.
- [5] H. Maruo, "Calculation of the Wave Resistance of Ships the Draught of Which is as small as the Beam," *日本造船學會論文集*, 112號, 1962.
- [6] M. Bessho, "On the Fundamental Function in the Theory of the Wave-Making Resistance of Ships," *Memories of the Defence Academy Japan*, Vol. IV, No.2, 1964.
- [7] Maruo, Ikehata, Chung, Kasahara, "Tables of Functions Associated with the Theory of Ship Waves," *日本橫濱國立大學 工學部 紀要*, Vol. 18, 1969.
- [8] J. Kotik & P. Thomsen, "Various Wave Resistance Theories for Slender Ships," *Schiffstechnik*, Bd.14, 1967, Heft 72.