

流線追跡法에 依한 Liner 船型의 改良

曹奎鍾*·洪性完**

A Study on Source Generated Ships of Minimum Wave-Resistance

by

Kyu Jong Cho* and Sung Wan Hong**

Abstract

Despite its limitations, the existing Stream Line Tracing Method (Inverse Method) can be applied effectively to the design of better hull forms with practical proportions.

Most of the calculating mechanism by the method for hull form design has been achieved.

In this paper, authors have tried to improve the quality of wave making resistance on the 10,000 GT liner among FY'67 Korean Standard Ship Form. Some numerical results obtained in this work and designed new lines are shown.

1. 序 論

船型決定이란 端의 으로 말하면, 載貨重量, 容積, 復原性, 旋回性 等등이 주어진 條件下에서 推進抵抗性能이 가장 좋은 形狀을 찾아내는 일이다. 그 中에서도 特히 造波抵抗이 적은 形狀을 찾아내는 것을 主로 하는 것으로서, 船價와 運航費等 經濟性能에 큰 影響을 미치는 가장 重要한 배의 基本計劃作業中의 하나이다.

本報文에서는 理論的으로 造波抵抗이 極小가 되는 船型을 決定하는 方法 中의 하나인 流線追跡法을 利用하여 1967年度 韓國標準型船中에서 10,000 GT 級 liner 船型을 擇해 그와 主要寸法等 諸元을 같이 하는 條件下에 造波抵抗性能의 改良을 試圖하였다.

造波抵抗性能의 改良을 爲한 研究에는 W. Froude[1]에 依해서 創始된 系統的인 模型試驗에 依한 實驗的인 方法과 Michell 및 Havelock 等으로부터 始作된 理論的인 方法이 있다.

系統的 模型試驗法은 過去 一世紀에 걸쳐서 船型改良에 많은 功헌을 해왔으나, 이 方法은 造波抵抗의 大小만을 確認하는 手段으로서만 그 價値가 있을 뿐이고 船型과 造波抵抗間에 介在하는 複雜한 因果關係를 풀이해치고, 여기에서 얻은 知識을 逆으로 驅使하여 더욱 優秀한 船型을 찾아 내고자 하는 探求의 手段으로서는 極히 微力하고, 또한 非能率的이다.

1898年에 Michell[2]은 B/L 및 $\partial\eta/\partial x$ 가 大端히 작은 船型에 對한 船體周圍의 壓力積分에 依하여 造波抵抗을 처음으로 計算하였다. 그러나 이 理論은 $B/L < 1/20$ 이라는 普通 船型으로서서는 있을 수 없는 範圍內에서만 適用되는 것이므로, 이 理論을 船型計劃에 直接 應用하기는 困難하다.

接受日字 1970. 11. 4

*正會員, 仁荷工科大學

**正會員, 仁荷工科大學

1908年 以來로 Havelock 은 船體와 造波抵抗을 直接 關聯시킨 Michell의 理論과는 달리, 船型에 對應되는 流體力學的 特異點系(source, sink 및 doublet 等)를 媒介로한 造波抵抗理論을 樹立하였다. Havelock[3]의 理論에 依하면 船型과 等價한 特異點系만 決定되면 如何한 船型에 對하여서도 造波抵抗이 計算된다. 그러나 船型이 먼저 주어졌을 때 이 船型과 等價한 特異點系를 決定하고자하는 問題는 多變數의 積分方程式을 푸는 問題가 되어 버림으로, 一般的으로 極히 困難하다.

Hess and Smith[4]는 最近에, 船型과 等價한 船體表面上的 source 分布系를 求하는데 成功하였다. 그러나 우리의 경우는 船型이 먼저 주어지는 것이 아니고, 逆으로 造波抵抗이 極小가 되는 船型을 求하고자하는 것이므로 이러한 種類의 解는 本報와 같은 目的에는 도움이 되지 못한다.

1953年, Inui[5]는 주어진 條件下에서 造波抵抗이 極小가 되도록 變分原理를 適用하므로써 極小造波抵抗船型과 等價한 特異點系를 定하고, 이것을 流線追跡하므로써 對應하는 船型을 決定하는 方法을 처음으로 試圖하였다. 이것으로서 造波抵抗理論을 實際로 船型計劃에 應用할 수 있는 기틀이 마련된 것이고, 이 方法은 Inui[6], Pien[7]等에 依하여 刮目할만한 發展을 가져 왔으며 最近에는 널리 實用되고 있다.

本研究에서는 變分原理와 流線追跡을 2主軸으로 하는 船型計劃法 即 Inui 및 Pien의 方法을 使用하여, 이 方法에 依한 船型計劃法의 實際計算機構를 마련하는 同時에, 從來의 方法으로 設計된 船型中에서 特히 liner 型船을 擇하여 流線追跡法을 適用하므로써 이의 改良을 試圖하였다.

于先, 本報文에서 使用될 座標系를 Fig. 1과 같이 定義해둔다.

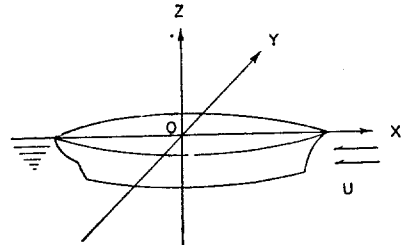


Fig. 1. Co-ordinate System

2. 船型計劃法에 關聯되는 理論

理論적으로 船型을 計劃해 나가는데 있어서 이의 土臺가 되는 Havelock의 造波抵抗理論과 Inui 및 Pien等에 依한 流線追跡法에 關한 理論을 簡單히 記述하고자 한다.

(1) 造波抵抗의 線型 理論

座標系는 Fig. 1과 같이 잡고, 流體는 非粘性, 非壓縮性인 理想流體, 流動은 非回轉의이고 水深은 無限大라고 假定한다. 이때의 船體周圍의 흐름은 定常運動이고 이 運動은 均一한 흐름과 船體에 依하여 攪亂된 速度變動과의 和로 表示되며, 이의 速度 potential은

$$-Ux + \phi \quad (2.1)$$

와 같은 꼴로 쓰여진다.

여기에서 ϕ 는 船體에 依한 攪亂運動의 速度 potential 이고, 勿論 Laplace의 方程式

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2.2)$$

를 滿足한다. 따라서 흐름의 各 速度成分은

$$u = -U + \frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \phi}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (2.3)$$

로 주어지며, 이 速度 Potential ϕ 는 다음과 같은 諸條件을 滿足하여야 한다.

連續의 條件 :

流體의 連續의 方程式은

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (2.4)$$

非壓縮性, 均質流體에 對하여서는

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.5)$$

u, v, w 에 (2.3)式을 代入하면

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2.6)$$

이것은 바로 Laplace의 方程式이므로 速度 potential ϕ 는 連續의 方程式을 滿足한다.

境界條件 :

흐름이 定常的이므로 流體의 境界面에 있어서는 固體表面이건 自由表面이건 間に 法線方向의 速度成分이 零이어야 하는 條件이 存在한다. 境界面의 方程式이

$$F(x, y, z) = 0 \quad (2.7)$$

와 같은 꼴로 주어지면, 이면의 法線方向速度成分이 零이라는 境界條件은 다음과 같이 表示된다.

$$u \frac{\partial F}{\partial x} + v \frac{\partial F}{\partial y} + w \frac{\partial F}{\partial z} = 0 \quad (2.8)$$

或은

$$\left(-U + \frac{\partial \phi}{\partial x}\right) \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \frac{\partial F}{\partial y} + \frac{\partial \phi}{\partial z} \frac{\partial F}{\partial z} = 0 \quad (2.9)$$

固體境界面에서는 (2.7)式은 주어진 方程式이므로 (2.8) 및 (2.9)式은 速度 或은 ϕ 에 關한 一次式이고, 따라서 이것은 線型境界條件이다. 그러나 自由表面에서는 境界面의 모양 F 는 速度가 求해진 然後에 비로소 決定되는 函數이다. 그러므로 自由表面에서는 다른 境界條件이 必要하게 되며, 그것은 바로 壓力一定의 條件이다.

물表面에 屬하는 流線에 着眼하여 無限上流의 壓力을 P_0 , 船體後方의 壓力을 P 라고 하고, Bernoulli의 定理을 適用하면

$$P_0 + \frac{1}{2} \rho U^2 = P + \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2 + w^2) + \rho g z \quad (2.10)$$

自由表面에서는 $P = P_0 =$ 大氣壓임을 考慮하면

$$\frac{1}{2} (u^2 + v^2 + w^2 - U^2) + g z = 0 \quad (2.11)$$

이고, 速度 potential로 表示하면

$$\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z}\right)^2 \right\} - U \frac{\partial \phi}{\partial x} + g z = 0 \quad (2.12)$$

과 같은 꼴이 된다. z 은 水面의 變位(或은 波高)를 表示하는 것이므로, 水面의 方程式을

$$z = \zeta(x, y) \quad (2.13)$$

或은

$$F(x, y, z) = \zeta(x, y) - z = 0 \quad (2.14)$$

로 表示하고 (2.9)式에 代入하면

$$u \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v \frac{\partial \zeta}{\partial y} - w = 0 \quad (2.15)$$

或은

$$\left(-U + \frac{\partial \phi}{\partial x}\right) \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (2.16)$$

가 얻어지며, 이것은 自由表面의 運動學的 條件이고, (2·12)式은 力學的條件이다. 그러므로 自由表面은 (2·12), (2·14) 및 (2·16)式을 滿足하여야 한다. 그러나 (2·16)式에서 ζ 는 境界表面을 表示하는 量인데도 事前에 알려지는 量이 아니고, 또한 (2·12) 및 (2·16)式은 非線型 方程式이므로, 이와같은 方程式을 그대로 取扱하기는 困難하다. 그러나 攪亂이 微小하다면 2次以上の 微小項은 省略할 수 있으므로 (2·12) 및 (2·16)式을 線型化 시켜서 다음과 같은 線型境界條件을 얻게 된다.

$$\text{即} \quad U \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad (z=0) \quad (2\cdot17)$$

$$U \frac{\partial \phi}{\partial x} - g\zeta = 0, \quad (z=0) \quad (2\cdot18)$$

(2·18)式을 x 로 偏微分하여, (2·17)式과 聯立시켜서 풀고, $g/U^2 = K_0$ 로 놓으면

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + K_0 \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad (z=0) \quad (2\cdot19)$$

로 表示되며, 이것이 自由表面의 線型境界條件이다. Rayleigh의 假想力 μ 를 使用하면 線型境界條件式은

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + K_0 \frac{\partial \phi}{\partial z} - \mu \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0, \quad (z=0) \quad (2\cdot20)$$

의 꼴로 表示된다.

各種 特異點分布系에 依한, 上記 境界條件을 滿足하는 速度 potential, 後續自由波高, 및 造波抵抗의 一般式은 다음과 같다. [3][8][9]

Point Source:

세기 σ , 位置(0, 0, -f)

$$\phi = -\frac{\sigma}{4\pi r_1} + \frac{\sigma}{4\pi r_2} + \frac{\sigma K_0}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec^2 \theta d\theta \int_0^\infty \frac{\exp k\{(z-f) + i\tilde{\omega}\}}{k - K_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dk \quad (2\cdot21)$$

여기에

$$\left. \begin{aligned} r_1^2 &= x^2 + y^2 + (z+f)^2 \\ r_2^2 &= x^2 + y^2 + (z-f)^2 \\ \tilde{\omega} &= x \cos \theta + y \sin \theta \end{aligned} \right\}$$

$$\zeta \approx \frac{\sigma K_0}{\pi U} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec^3 \theta \exp(-K_0 f \sec^2 \theta) \cdot \cos(K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) d\theta \quad (2\cdot22)$$

Point Doublet(水平軸):

moment M , 軸方向은 x 軸의 正方向, 位置(0, 0, -f)

$$\phi = -\frac{M}{4\pi} \left[\frac{x}{r_1^3} - \frac{x}{r_2^3} + \frac{iK_0}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \sec \theta d\theta \int_0^\infty \frac{k \cdot \exp\{k(z-f) + ik\tilde{\omega}\}}{k - K_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dk \right] \quad (2\cdot23)$$

$$\zeta \approx \frac{MK_0^2}{\pi U} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec^4 \theta \cdot \exp(-K_0 f \sec^2 \theta) \cdot \sin(K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) d\theta \quad (2\cdot24)$$

Point Doublet(鉛直軸):

moment M , 軸方向은 z 軸의 正方向, 位置(0, 0, -f)

$$\phi = -\frac{M}{4\pi} \left[\frac{(z+f)}{r_1^3} + \frac{(z-f)}{r_2^3} + \frac{K_0}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \sec^2 \theta d\theta \int_0^\infty \frac{k \cdot \exp\{k(z-f) + i\tilde{\omega}\}}{k - K_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dk \right] \quad (2\cdot25)$$

$$\zeta \approx \frac{MK_0^2}{\pi U} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec^5 \theta \cos(K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) \cdot \exp(-K_0 f \sec^2 \theta) d\theta \quad (2\cdot26)$$

Source Distribution on Vertical Line:

세기 σ , 分布範圍 $-T_0 \leq x_0 \leq 0$, 位置(0, 0, z_0)

$$\phi \approx \int_{-T_0}^0 \phi_s dx_0 \tag{2.27}$$

여기서

ϕ_s ; point source 에 의한 速度 potential.

T_0 ; source 의 分布 길이.

x_0, y_0, z_0 ; source 의 分布座標

$$\zeta \approx \frac{\sigma}{\pi U} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec \theta \cos(K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) \{1 - \exp(-K_0 T_0 \sec^2 \theta)\} d\theta \tag{2.28}$$

Source Distribution on Central Plane:

單位面積當의 세기 m , 分布範圍 $-l \leq x_0 \leq l$, 및 $-T_0 \leq z_0 \leq 0$, 位置 $(x_0, 0, z_0)$

$$\phi \approx \int_{-l}^l dx_0 \int_{-T_0}^0 \phi_s dx_0 \tag{2.29}$$

$$\zeta \approx \frac{1}{\pi} \int_{-l}^l m dx_0 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{-\frac{\pi}{2} + \theta} \sec \theta \cos \theta (K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) \{1 - \exp(-K_0 T_0 \sec^2 \theta)\} d\theta \tag{2.30}$$

여기서

l ; 배의 길이의 半

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x - x_0}, \quad x - x_0 \geq 0$$

$$\theta = \pi + \tan^{-1} \frac{y}{x - x_0}, \quad x - x_0 < 0$$

$$\tilde{\omega} = (x - x_0) \cos \theta + y \sin \theta$$

Source Distribution of Off-Central Plane:

單位面積當의 세기 $\frac{m(x_0, y_0, z_0)}{\sqrt{f_{x_0}^2 + 1 + f_{z_0}^2}} \cdot U$, 分布面 S_0 .

$$\begin{aligned} \phi &= \iint_{S_0} \frac{m(x_0, y_0, z_0)}{\sqrt{f_{x_0}^2 + 1 + f_{z_0}^2}} \cdot \phi_s(\sigma=1) dS_0 \\ &= \iint_{S_c} m(x_0, y_0, z_0) \{ \phi_s(x, y, z; x_0, y_0, z_0) + \phi_s(x, y, z; x_0, -y_0, z_0) \} dS_c \end{aligned} \tag{2.31}$$

但

$$dS_0 = \sqrt{f_{x_0}^2 + 1 + f_{z_0}^2} dS_c$$

S_c ; S_0 의 中心線面에 對한 投影

$$\begin{aligned} \zeta &\approx \frac{2K_0}{\pi U} \iint_{S_c} m dS_c \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \sec^3 \theta \cdot \exp(K_0 z_0 \sec^2 \theta) \cdot \cos(K_0 f \sec^2 \theta \sin \theta) \\ &\quad \times \cos(K_0 \tilde{\omega} \sec^2 \theta) d\theta \end{aligned} \tag{2.32}$$

여기서

$$\tilde{\omega} = (x - x_0) \cos \theta + y \sin \theta$$

$f = f(x_0, z_0)$, (分布面의 方程式)

水面上을 一定速度 U 로 航行하는 船體後方 充分히 먼곳의 後續自由波는 一般的으로 다음과 같이 表現된다.

$$\begin{aligned} \zeta(x, y) &\approx \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S(\theta) \sin \{K_0 \sec^2 \theta (x \cos \theta + y \sin \theta)\} d\theta \\ &\quad + \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} C(\theta) \cos \{K_0 \sec^2 \theta (x \cos \theta + y \sin \theta)\} d\theta \end{aligned} \tag{2.33}$$

或은

$$\zeta(x, y) \approx \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} A(\theta) \sin \{K_0 \sec^2 \theta (\overline{x+h(\theta)} \cos \theta + y \sin \theta)\} d\theta \tag{2.34}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{여기에} \quad |A(\theta)| &= \sqrt{\{S(\theta)\}^2 + \{C(\theta)\}^2} \\ h(\theta) &= \tan^{-1}\{C(\theta)/S(\theta)\} \end{aligned} \right\}$$

(2·34)식을 보건데, 배의 파도와 같이 複雜한 三次元波도 그 構成要素에 까지 소급해 올라가면 이 式의 被積分函數와 같은 2次元 平面波의 集合으로 表示된다.

各 θ 에 對應하는 2次元波 $\sin[K_0 \sec^2 \theta (x \cos \theta + y \sin \theta)]$ 등을 素成波(elementary wave)[10]라 하고, 그 振幅을 表示하는 $S(\theta)$, $C(\theta)$ 및 $A(\theta)$ 를 振幅函數(amplitude function)이라 부른다.

造波抵抗은 이 振幅函數로서 다음과 같이 表示할 수 있다는 것이 Havelock[3]에 依하여 밝혀졌다.

$$\begin{aligned} R_w &= \frac{1}{2} \pi \rho U^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\{S(\theta)\}^2 + \{C(\theta)\}^2] \cos^3 \theta d\theta \\ &= \frac{1}{2} \pi \rho U^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \{A(\theta)\}^2 \cos^3 \theta d\theta \end{aligned} \quad (2\cdot35)$$

或은 重率振幅函數(weighted amplitude function) $S^*(\theta)$ 와 $C^*(\theta)$ 를 使用하면 다음과 같이 더 簡單하게 表示할 수 있다.

$$R_w = \frac{1}{2} \pi \rho U^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\{S^*(\theta)\}^2 + \{C^*(\theta)\}^2] d\theta \quad (2\cdot36)$$

여기에

$$\left. \begin{aligned} S^*(\theta) &= S(\theta) \cdot \cos^{\frac{3}{2}} \theta \\ C^*(\theta) &= C(\theta) \cdot \cos^{\frac{3}{2}} \theta \end{aligned} \right\} \quad (2\cdot37)$$

造波抵抗係數는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C_w &= R_w / \frac{1}{2} \rho U^2 L^2 \\ &= \pi \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left\{ \left\{ \frac{S(\theta)}{L} \right\}^2 + \left\{ \frac{C(\theta)}{L} \right\}^2 \right\} \cos^3 \theta d\theta \\ &= \pi \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left\{ \left\{ \frac{S^*(\theta)}{L} \right\}^2 + \left\{ \frac{C^*(\theta)}{L} \right\}^2 \right\} d\theta \end{aligned} \quad (2\cdot38)$$

(2) 流線追跡法

流線追跡法은 一名 二重模型近似(double model approximation)라고도 말 할 수 있다. 船體에 等價한 特異點分布가 決定되면, 水面을 固體壁으로 보고, 自由表面에 對한 正鏡像을 생각한다. 이 上下對稱인 2重特異點分布가 無限流體中을 均一한 速度 U 로 運動할 때의 物體形狀을, 流線方程式

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad (2\cdot39)$$

를 積分해서 얻는다. 計算法으로서는 普通 Runge-kutta 의 公式 이 쓰이며, 船首의 停滯點 近傍을 出發點으로 하여 船體中央에 걸쳐서 몇 줄의 流線을 追跡한다. (2·39)式中的 物體에 依한 攪亂速度는 前述한 바와 같은 二重特異點分布系의 速度 potential 로부터 求해진다.

本報文에서는 數值計算에 있어서 Runge-kutta 法을 使用하였고, 各各 6 줄의 流線을 追跡하였다.

다음에 流線追跡法의 基礎假定에 關하여 簡單히 言及한다.

自由表面에 있어서의 速度 potential 의 條件은(2·19)式으로 주어지는데, 이것을 船體의 길이 L 로 無次元化하면

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + K_0 L \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad (z=0) \quad (2\cdot40)$$

가 된다. 우리가 問題의 對象으로 삼고 있는 排水量型船舶의 速度範圍 $F_n = 0.15 \sim 0.35$ 에서는 $K_0 L = 50 \sim 8$

($K_0L=1/F_n^2$) 程度가 되므로 (2.40)式 左邊의 第 1 項은 第 2 項에 比해서 微小하다고 생각된다. 따라서 船型과 特異點과의 對應을 생각할 때, 第 1 項을 省略하면

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad (z=0) \tag{2.41}$$

이 式을 思考의 出發點으로 삼는다. 이것은 $K_0L \rightarrow \infty (F_n \rightarrow 0)$ 의 近似라고도 말할 수 있으며, 自由表面을 固體壁으로 代置하는 셈이 된다. 따라서 2重特異點分布가 (2.39)式을 滿足한다는 것은 明白한 事實이다.

流線을 追跡하는 方法으로는 Inuid와 Pienoid法 2가지를 들 수 있다. 前者는 特異點系를 船體中心線面上에 分布시키는 方法(central plane distribution)이고 後者는 船體內의 曲面上에 分布시키는 方法(off-central plane distribution)이다. 이 方法들은 모두 船底가 쳐지는 現象을 나타낸다는 것이 이들 方法의 缺點이다. Pienoid法은 計算은 複雜해 지지만 實用船型에 가까운 船型을 求하기가 容易하고 船體內部的 船底에 가까운 平面上에 鉛直上向軸을 갖는 doublet系(bottom doublet)를 分布시켜서 平度化 할 수 있으므로 이 方法이 많이 쓰이고 있다.

本報文에서도 bottom doublet系를 附加한 Pienoid法을 採擇하였다.

(3) 極小造波抵抗船型的 決定法(變分法)

流線追跡法(逆解析法)에 依하여 極小造波抵抗船型을 決定한다는 것은, 要求되는 船型條件을 副條件으로 하는 變分問題에 歸着한다.

于先, 船體內部에 適當한 分布面을 定한다. 이 分布面上에 分布시키게되는 連續인 特異點系를 多項式이나 或은 有限項의 級數로 表示하고, 各項에 對應하는 素成波의 重率振幅函數를 求해둔다. 이것과 (2.36)式과의 關係로부터 設計速力에서 造波抵抗이 極小가 되도록 變分原理를 適用하여 特異點分布函數의 各項의 未定係數를 決定해 간다.

이와같이 하여 等價特異點系가 決定되면, 振幅函數와 造波抵抗은 自動적으로 定해지고, 또한 이것을 流線追跡하면 所期의 船型을 얻게 된다.

變分の 計算過程은 다음과 같다.

source 分布函數가 다음과 같은 多項式으로 주어지면

$$m(\xi, \zeta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m a_{ij} \xi^i \zeta^j \tag{2.42}$$

여기에서

$$\xi = \frac{x}{l}, \quad \zeta = -\frac{z}{T} \tag{2.43}$$

船首波의 振幅函數는 (2.42)式의 各項의 寄與를 받는다. $\xi^i \zeta^j$ 項에 對應하는 無次元重率振幅函數를

$$\left. \begin{aligned} S_{ij}^*(\theta) &= S_{ij}(\theta) \cdot \cos^{\frac{j}{2}} \theta \\ C_{ij}^*(\theta) &= C_{ij}(\theta) \cdot \cos^{\frac{j}{2}} \theta \end{aligned} \right\} \tag{2.44}$$

와 같이 表示하면 $m(\xi, \zeta)$ 全體에 對한 重率振幅函數는

$$\left. \begin{aligned} S^*(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m a_{ij} S_{ij}^*(\theta) \\ C^*(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m a_{ij} C_{ij}^*(\theta) \end{aligned} \right\} \tag{2.45}$$

로 주어진다. 한편 船首波만에 依한 造波抵抗係數(前半部船體에 依한 造波抵抗係數)는 다음과 같이 주어진다.

$$C_w = R_w / \left(\frac{1}{2} \rho U^2 L^2 \right) = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} [\{S^*(\theta)\}^2 + \{C^*(\theta)\}^2] d\theta \tag{2.46}$$

여기에서

$$I_{kl} = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} [S_{ij}^*(\theta) \cdot S_{i'j'}^*(\theta) + C_{ij}^*(\theta) \cdot C_{i'j'}^*(\theta)] d\theta \tag{2.47}$$

但, $k = (i, j), l = (i', j')$ (2.48)

를 導入하고 다시 整理하면

$$C_w = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N a_{kl} I_{kl} \tag{2.49}$$

但, $N = n(m+1)$ (2.50)

適當한 有限項 $n, (m+1)$ 을 擇해서 $S_{ij}^*(\theta), C_{ij}^*(\theta)$ 및 I_{kl} 의 表를 미리 作成해 두면 任意의 多項式分布 $m(\xi, \zeta)$ 에 對한 振幅函數와 C_w 를 計算하는데 大端히 便利하다. I_{kl} 의 表를 中間積分表(integral table)라고 부르기도 한다.

여기에서 Lagrange의 乘數法을 適用하여 다음과 같이 變分計算을 한다. 卽, 變分副條件

$$g_i(a_{kl}) = 0, (i=1, 2, \dots, h) \tag{2.51}$$

h : 副條件의 數

을 滿足하며 C_w 을 極小가되게 하는 a_{kl} 을 求한다. Lagrange의 乘數 λ_i 를 導入해서

$$F = C_w + \sum \lambda_i g_i, (i=1, 2, \dots, h) \tag{2.52}$$

를 만들고, 다음과 같은 條件式

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial a_{kl}} &= 0 \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} &= 0, (i=1, 2, \dots, h) \end{aligned} \right\} \tag{2.53}$$

을 聯立시켜서 풀면, 求하고자하는 極小造波抵抗船型에 等價한 特異點系 $m(\xi, \zeta)$ 의 各項의 未定係數가 決定된다.

이와같이 極小造波抵抗船型을 求하는 問題는 結局은 條件付變分問題이고. 이때의 變分副條件은 주어진 ∇/L^3 이나 C_p 등의 船型的 幾何學的 特性이다.

Pienoid法에서는 미리 選定된 分布面上에 分布될 未知의 main side source를, 주어진 幾何學的副條件을 滿足하는 同時에 設計速力에서 C_w 가 極小가 되는 關係를 갖도록 定해 주어야 한다. 따라서 流體力學的 特性 $m(\xi, \zeta)$ 와 船型的 幾何學的條件과를 結付시켜 줄 수 있는 橋梁의 役割을 하는 手段이 必要하게 되며, 設計가 具體化될수록 이 關係에는 더욱 높은 精度가 要請된다.

Michell 近似를 出發點으로한 副條件에 關한 Inui[11]의 方法은 다음과 같고, 本報文에서는 이 方法을 使用하였다.

Inuid에 對하여서는

$$\left. \begin{aligned} B/L &: B/L \approx \frac{1}{2} \int_0^1 m(\xi, 0) d\xi \\ A_{WF} &: A_{WF}/L^2 \approx \frac{1}{4} \int_0^1 m(\xi, 0) \xi d\xi \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned}
 A_m &: A_m/L^2 \approx \frac{1}{4} \int_0^{T_0} \int_0^1 m(\xi, \zeta) d\xi d\zeta \\
 V_F &: V_F/L^3 \approx \frac{1}{8} \int_0^{T_0} \int_0^1 m(\xi, \zeta) \xi d\xi d\zeta \\
 \tan \alpha &: \tan \alpha \approx \frac{1}{2} m_0 = \frac{1}{2} m(1, 0), \quad (\alpha: \text{水線入角})
 \end{aligned} \right\} (2.54)$$

Pienoid 에 對하여서는

$$W_n = \int_0^1 m(\xi, 0) \xi^n d\xi, \quad (n=0, 1) \quad (2.55)$$

$$V_n = \int_0^{T_0} \int_0^1 m(\xi, \zeta) \xi^n d\xi d\zeta, \quad (n=0, 1) \quad (2.56)$$

여기에

$$\left. \begin{aligned}
 B/L &: B/L \approx W_0 \\
 A_{WF} &: A_{WF}/L^2 \approx 2W_1 \\
 A_m &: A_m/L^2 \approx 2V_0 \\
 V_F &: V_F/L^3 \approx 4V_1 \\
 \tan \alpha &: \tan \alpha \approx m_0
 \end{aligned} \right\} (2.57)$$

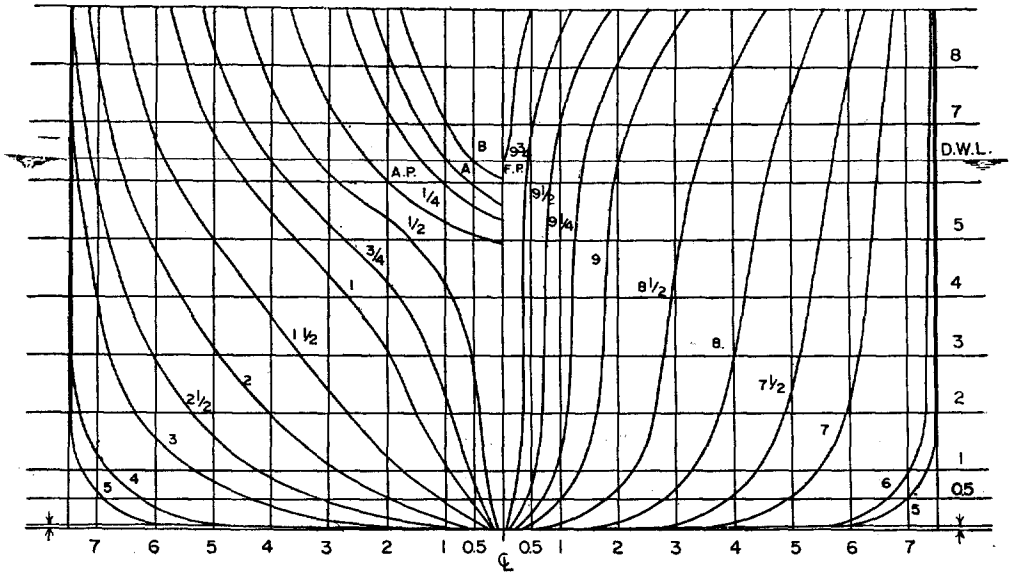


Fig. 2. Body Plan of Prototype(M.S. A-00)

3. 改良對象船型

本研究에 있어서 改良對象船型으로는 1967年度 韓國標準型船 中에서 10,000 GT級 liner 船型을 選定하고 M.S. A-00 라 부르기로 한다. 原型 M.S. A-00의 諸元, body plan 및 橫斷面積曲線을 各各 Table 1, Fig. 2 및 Fig. 5 에 表示한다. [16]

Table 1. Particulars of M.S. A-00

L_{pp}	146.00 m	C_{PF}	0.608
B	21.80 m	C_{PA}	0.662
D	12.30 m	A_m/L^2	9.38×10^{-3}
T	9.35 m	$\nabla/(0.1L)^3$	5.974
A	19060. tons	V_0	2.03×10^{-2} (Equiv. to A_m)
∇	18591.8933 m^3	V_1	1.25×10^{-2} (Equiv. to ∇)
$V(\text{Trial})$	20.7 kts ($F_n=0.282$, $K_0L=12.57$)	L/B	6.70 ($B/L=0.1493$)
V	18.0 kts ($F_n=0.245$, $K_0L=16.67$)	L/T	15.62 ($T/L=0.0640$)
C_B	0.625	B/T	2.33
C_P	0.635		

4. 理論船型

理論船형을 計劃함에 있어서는 half body concept[12]의 見地에서 船首波단을 注目하고, 이것을 極小化시키 는 方法을 쓰고 있다. 이것에는 몇 種類의 方法이 있으나, 本報에서는 bulbous bow 를 부치지 않은 高次船型 [12]을 計劃하기로 한다. 이러한 船형을 Inui[12]는 第2種 waveless 船型이라 부르고 있다.

本報에서는 既存船型 M.S. A-00의 造波抵抗性能을 改良하는데 目的이 있으므로, 結果를 比較檢討 하는 데 便宜를 圖謀하기 爲하여 船型的 幾何學的諸元과 要求되는 諸條件을 同一 內至는 近似하게 計劃할 必要가 있다. 따라서 計劃速力 V , T/L , B/L , A_{WF}/L^2 , A_m/L^2 , $\nabla/(0.1L)^3$ 등이 같다는 條件下에서 C_p 가 可能한 限 近似하게 되도록 試行誤差法(trial and error method)을 써서 計算을 進行하였다.

本報文에서는 크게 區分한다면 二회에 걸쳐서 試算을 하였다.

于先 流線追跡, 變分等의 計算을 實際로 遂行하는데 있어서 特히 밝혀 두어야 할 事項들을 다음에 表示 한다.

(A) 素成波의 存在領域은 理論上으로는 $\theta = -\frac{\pi}{2} \sim \frac{\pi}{2}$ 이다. 그러나 $|\theta| \rightarrow \frac{\pi}{2}$ 의 極限에서는 波長 $\lambda(\theta) \rightarrow 0$ 임에 도 不拘하고, 振幅 $S(\theta)$, $C(\theta)$ 는 有限하므로, 線型理論의 假定에서 벗어난다. 實際로 波形分析한 結果[13]를 보 아도 $|\theta| \rightarrow \frac{\pi}{2}$ 에서는 素成波는 거이 消滅된다. 一般의으로 (2.36)式 右邊의 積分은 $|\theta| \rightarrow \frac{\pi}{2}$ 에서 振動이 大端히 甚하므로[14], 中間積分의 有效자리數를 充分히 잡아 주는데 障害가 된다. 이러한 點들을 考慮하여 變分計算 에 使用되는 中間積分表 作成에 있어서 素成波領域의 有效上限은 $|\theta| = 70^\circ$ 로 하였다.

(B) Pienoid 法으로 船型(前半部船型)을 計劃하는데 있어서, 後半部船體의 造波效果를 定量的으로 把握하는 姿勢로는, 從來 다음과 같은 極端的인 2가지 方法이 있다.

첫째는 流體가 理想流體라는 假定下에 船型的 前半部와 後半部의 差異를 無視하고 前半部船體와 後半部船體가 對稱이라고 생각하는 方法이고, 둘째는 船體中央에서 後方은 無限히 긴 平行部가 繼續된다고 假定하고 後半部船體의 造波效果를 無視해 버리는 方法이다. 前者를 1st method, 後者를 2nd method 라고 부르기도 한 다[11].

本報에서는 이 中에서 1st method 를 採用하였다.

(C) 流線追跡法을 適用하는데 있어서는 特異點系를 off-central plane 上에 分布시키는 Pienoid 法을 使用하 였고, bottom doublet 系를 附加시켜서 平底化를 圖謀하였다.

main side source 系의 分布面은

$$\eta_s = 0.10(1-\xi^2)^2 \tag{4.1}$$

bottom doublet 系의 分布面은

$$\eta_B = 0.10 \left\{ 1 - \left(\frac{\xi}{0.8} \right)^2 \right\}^2 \tag{4.2}$$

을 使用하였다.

(D) 變分計算에 있어서는 Runge-kutta 法을 썼고, 副條件과 船型의 幾何學的特性間的 相關値는 文獻[11]을 參照하여 決定하였다.

(E) 特異點의 分布式의 項數는 <1, 2, 3, 4>를 取하였다.

第1回試算 :

第1回試算에서 다른 船型들은 M.S. H-Series 라 부르기로 한다. 本船型計劃의 基本事項과 各 船型의 變分條件 및 變分結果를 Table 2에 表示하고, M.S. H-1의 $m(\xi)$ 의 ξ 方向의 分布形狀만을 Fig. 6에 例示한다. 變分結果를 流線追跡에서 얻은 M.S. H-1 및 M.S. H-2의 body plan 은 Fig. 3과 Fig. 4에, 各船型의 橫斷面積曲線은 Fig. 5에 各各 表示하였다.

M.S. H-1S와 M.S. H-2S는 分布세기가 各各 다음과 같은 多項式

$$m(\xi)_1 = -1.0569689\xi + 12.890869\xi^2 - 25.774879\xi^3 + 14.644979\xi^4 \tag{4.3}$$

$$m(\xi)_2 = 1.497415\xi + 0.4208132\xi^2 - 5.160891\xi^3 + 3.504519\xi^4 \tag{4.4}$$

로 表示되는 main side source 系만에 依한 것이고, M.S. H-1B와 M.S. H-2B는 上記 main side source 系에 다가, 分布세기가 다음과 같은, 鉛直上向軸을 갖는 bottom doublet 系

$$d(\xi)_1 = 0.1404\xi - 0.4528\xi^2 + 0.4893\xi^3 \tag{4.5}$$

$$d(\xi)_2 = 0.1137\xi - 0.2476\xi^2 + 0.1806\xi^3 \tag{4.6}$$

를 各各 附加시켜서 流線追跡한 結果이다.

H-Series 船型中에서 供試船型으로 採用할 수 있는 對象은 平底化를 試圖한 M.S. H-1B와 H-2B의 2船型이다. Table 2, Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5를 參照하건대, M.S. H-1B는 變分時의 副條件으로서 B/L 에 對應하는 量 W_0 와 Aw_F/L^2 에 對應되는 量 W_1 과의 2個를 取한 것인데, C_p 가 原型 M.S. A-00 보다 훨씬 커졌고, 水線入角에 對應되는 m_0 도 역시 크고, 造波抵抗値도 過大한 것으로 判斷된다. 그리고 平底化의 效果도 不足하다. M.S. H-2B는 副條件으로서 W_1 1個만을 取하고, bottom doublet의 分布세기를 若干 變更시킨 것인데, m_0 와 C_w 의 크기는 合當한 것으로 判斷되나, C_p 는 反對로 M.S. A-00 보다 훨씬 작아졌고, 平底化의 效果는 如前히 充分치 못하다.

따라서 兩者 모두 供試船型으로서는 不適當한 것으로 判定되므로, 計劃方針을 다시 檢討하고 再試算하기로 하였다.

第2回試算 :

第1回試算의 結果資料를 土臺로 하여 船型計劃의 새로운 方針을 樹立하고 이에 따라서 再試算하였다.

M.S. H-1S의 B/L 은 0.1425로서 計劃値 0.1493에 近似하나, 船底가 쳐져있다. 여기에 bottom doublet 系를 附加시켜서 平底化를 圖謀한다면 自然히 B/L 이 커질 것으로 豫想되며 實地로 M.S. H-1B는 $B/L=0.155$ 로서 計劃値보다 커졌다. 따라서 bottom doublet 系의 分布세기만을 變更시키는 것보다 main side source 系의 分布깊이도 함께 變化시키는 便이 더 效果의 일 것으로 判斷된다.

M.S. A-00의 $2T/L=0.1280$ 임에 對하여 main side source 系의 分布깊이로서 이 값의 70%를 取하면 $2T_0/L = 0.089 \approx 0.090$ 가 된다. 그러므로 第1回 試算에서 $2T_0/L = 0.08$ 로 한것을 今回에는 $2T_0/L = 0.09$ 를

Table 2. Design Plan of H-Series Model

(a) Fundamental Plan	
L	2.0 m
A_m/L^2	9.38×10^{-3}
$\nabla/(0.1L)^3$	5.974
$2T_0/L$	0.08
V	$K_0L=12. (F_n=0.2886)$
$\nabla_0(\text{cond.})$	2.03×10^{-2}
$\nabla_1(\text{cond.})$	1.25×10^{-2}
$i(\text{terms of } m(\xi))$	$\langle 1, 2, 3, 4 \rangle$
$\eta_s(\text{S.S. dist. plane})$	$0.1(1-\xi^2)^2$
$\eta_B(\text{B.D. dist. plane})$	$0.1\{1-(\xi/0.8)^2\}^2$
$\zeta_B(\text{depth of dist. plane})$	0.08
$i_d(\text{terms of } d(\xi))$	$\langle 1, 2, 3 \rangle$
(b) Plan on M.S. H-1	
H-1 S	Side Source only
H-1 B	Side Source + Bottom Doublet
Condition	$W_0=0.25375$
	$W_1=0.15625 (F_1=0.01250)$
Coefficient(side S.)	$a_1=-1.0569689$
	$a_2=12.890869$
	$a_3=-25.774879$
	$a_4=14.644979$
C_w	0.385043×10^{-3}
$m_0(\text{free cond.})$	0.7040
Coefficient(bottom D.)	$I_1=0.1404$
	$I_2=-0.4528$
	$I_3=0.4893$
(C) Plan on M.S. H-2	
H-2S	Side Source only
H-2B	Side Source + Bottom Doublet
Condition	$W_1=0.15625$
Coefficient(side S.)	$a_1=1.497415$
	$a_2=0.4208132$
	$a_3=-5.160891$
	$a_4=3.504519$
C_w	0.4079738×10^{-4}
$m_0(\text{free cond.})$	0.2619
Coefficient(bottom D.)	$I_1=0.11372399$
	$I_2=-0.24756801$
	$I_3=0.18057600$

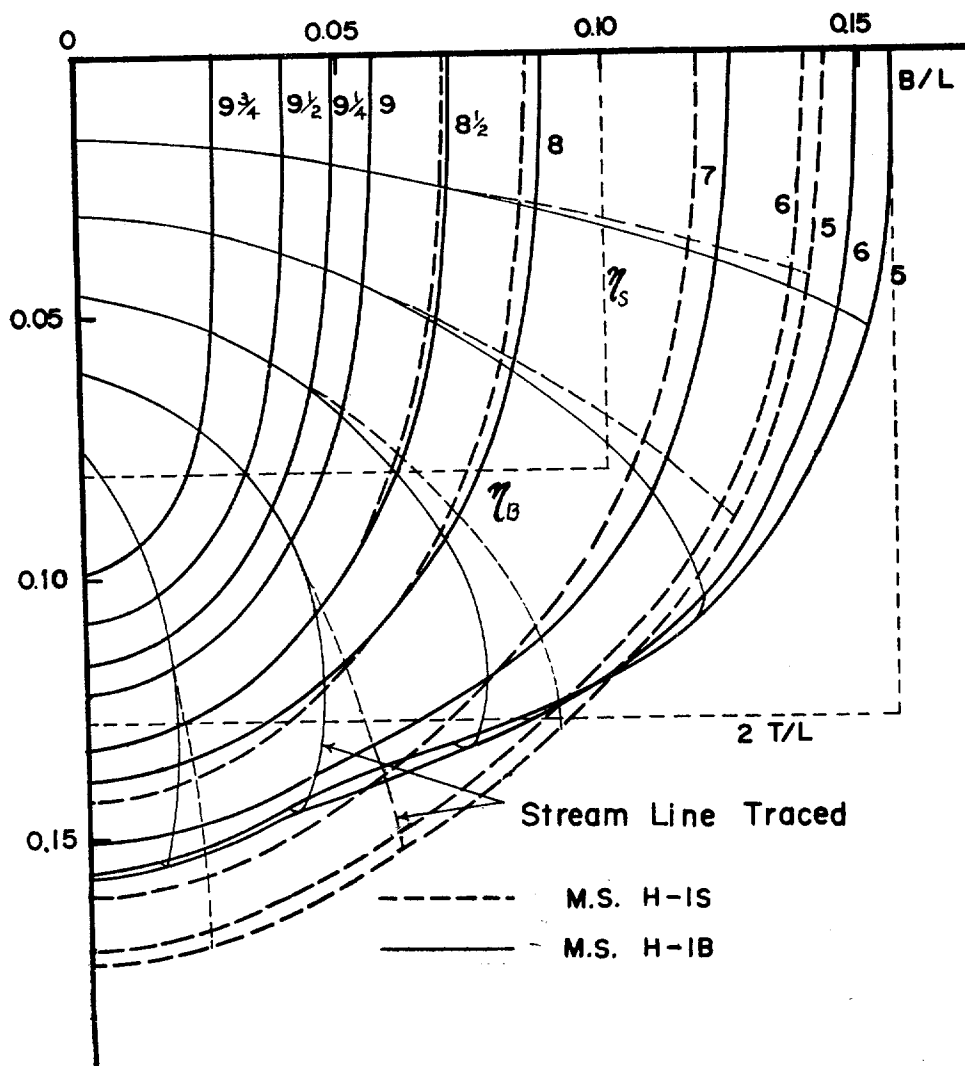


Fig. 3. Body Plan of M.S. H-1

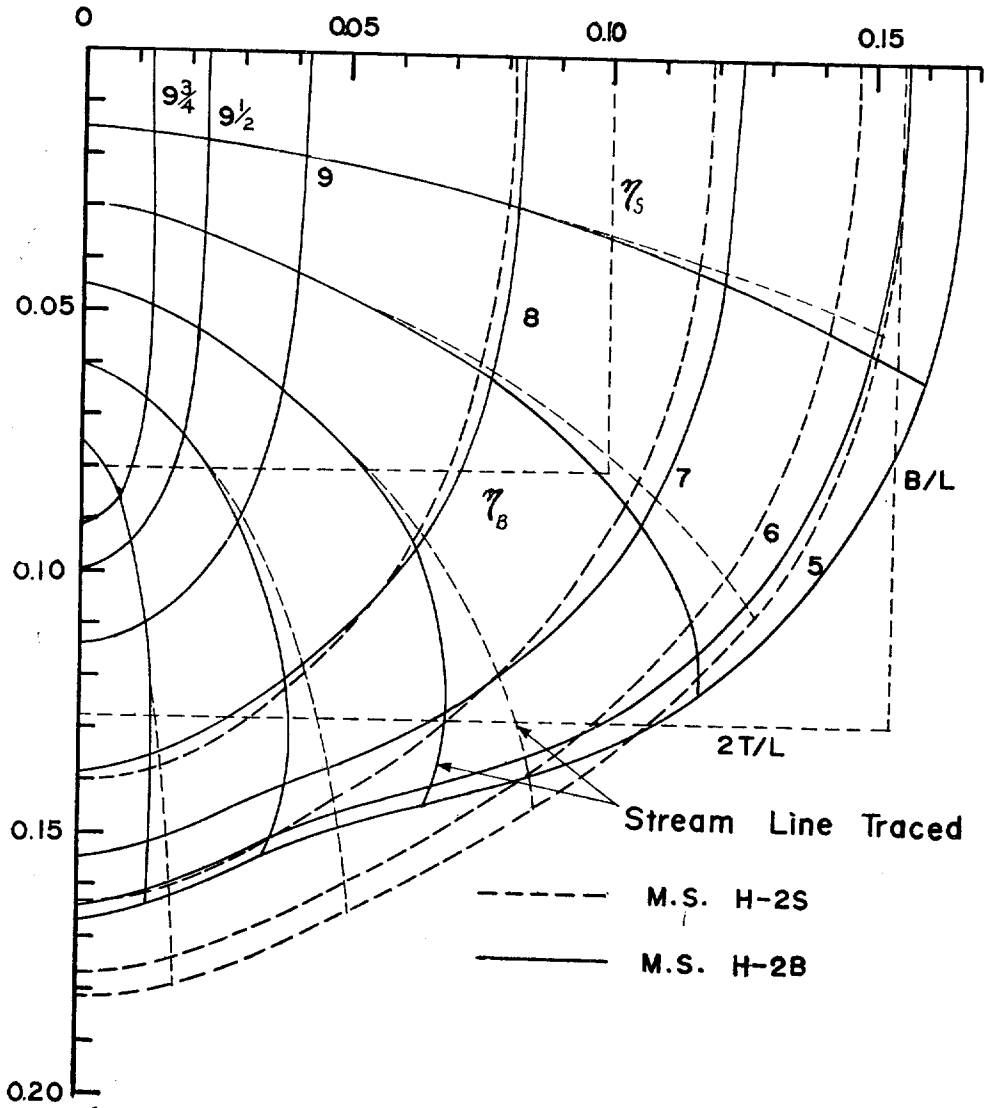


Fig. 4. Body Plan of M.S. H-2

取하기로 하였다.

高次船型에 關하여 現在까지 알려져 있는 理論과 實驗間의 特記할만한 相違點中의 하나는 C_w 의 極小值(實驗結果)는 設計速力보다 若干 高速側에 나타난다는 事實이다. 이 偏差는 F_n 으로 約 0.02 程度인 것으로 알려져 있다[14]. 이것을 逆으로 利用하여, 設計速力보다 若干 낮은 速力으로 船型을 計劃하면 目的하는 바로 그 速力에서 C_w 의 實驗値가 極少가 되는 船型을 求할 수 있게 된다.

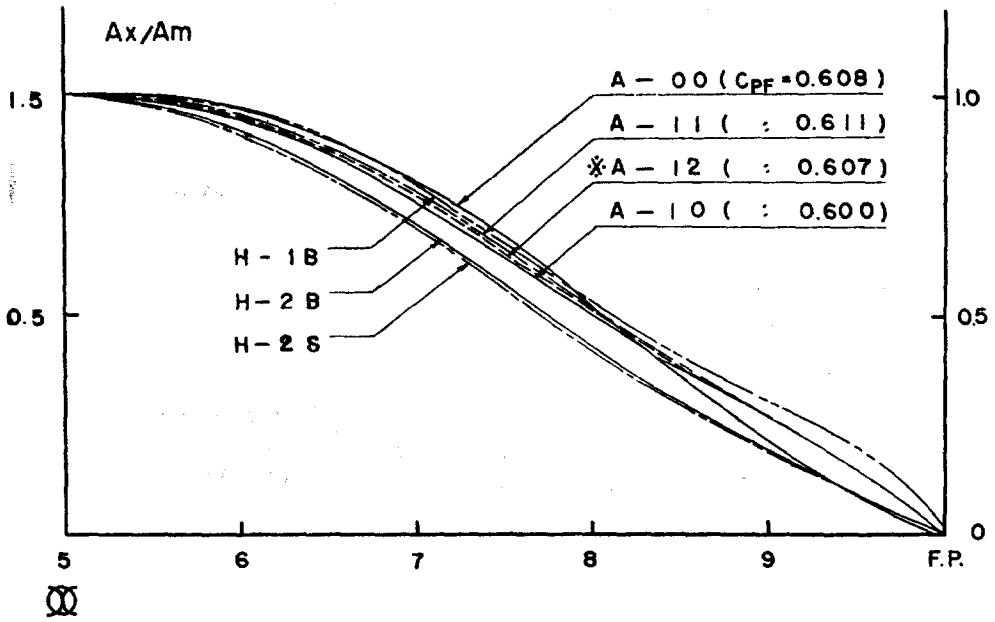


Fig. 5. Sectional Area Curves

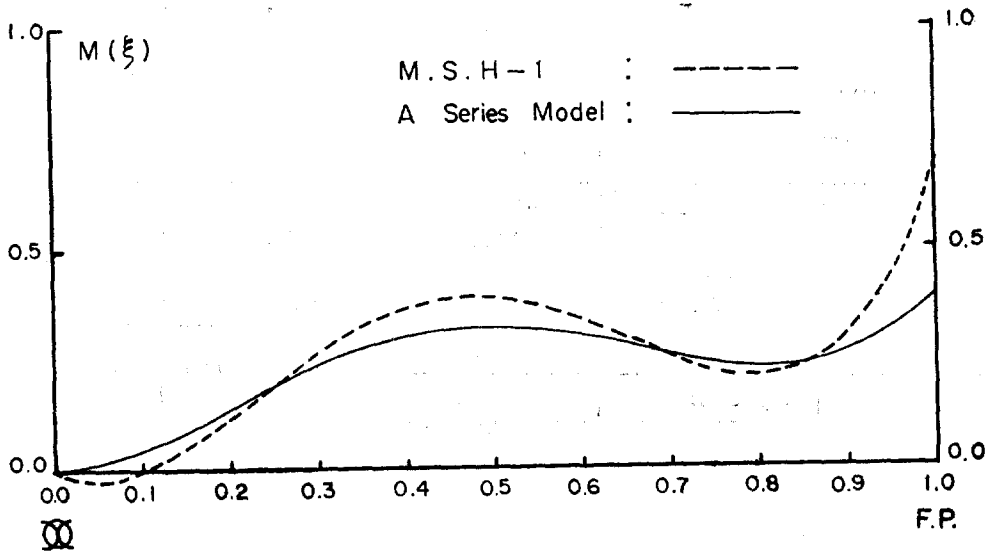


Fig. 6. Strength of Source Distribution

第1回試算에서는 이에 對한 修正을 하지 않았으므로 計劃速力이 事實上 높아진 셈이 된다. 따라서 M.S. A-00의 試運轉速力이 $F_n=0.282$ 이므로 이 값보다 0.01~0.02 만치 낮은 F_n 數로 設計하는 것이 合理的이다. 그러므로 今回에는 $F_n=0.267(K_0L=14)$ 를 理論計算時의 計劃速力으로 取하기로 하였다.

第1回試算에서는 船型計劃의 基準이 되는 幾何學的條件 $V/(0.1L)^3$ 을 原型의 값 그대로 使用하였다. 그러나 理論船型計劃에 있어서는 船首波단을 注目하고 있으므로 原型의 前半部만을 對象으로하는 것이 合理的이다. 그러므로 第2回 試算에서는 V 로서 前半部船體의 排水容積의 2倍, 即 $2 \times V_F$ 를 使用하기로 하였다.

上述한 바와 같은 船型計劃의 새로운 方針에 따라서, 于先 Table 3 과 같은 4種의 變分試算을 行하고, 이 중에서 造波抵抗性能이 가장 優秀한 "C"를 選定하여 이것을 流線追跡하기로 하였다. 이 結果로 일어난 船型들을 A-Series 船型이라 부르기로 한다.

第2回試算의 船型計劃의 詳細한 事項과 副條件 및 變分結果를 Table 4 에, main side source 系의 分布形狀, 流線追跡한 結果로 일어난 body plan 및 橫斷面積曲線은 各各 Fig. 6, Fig. 7, 및 Fig. 5 에 表示한다.

여기에서 M.S. A-10 은 main side source 系 $m(\xi)$ 만에 依한 것이고, M.S. A-11 과 M.S. A-12 는 $m(\xi)$ 에다가 bottom doublet 系 $d(\xi)_{11}$ 및 $d(\xi)_{12}$ 를 各各 付加시켜서 流線追跡한 結果로 求해진 船型들이다.

여기에서도 亦是 供試船型으로 採擇할 수 있는 對象은 平底化를 試圖한 M.S. A-11 과 M.S.A-12 이다.

Fig. 5, Fig. 6, 및 Fig. 7 을 觀察하건대, 各船型의 C_P 값은 原型의 $C_{PF}=0.608$ 과 거의 一致한다. M.S. A-11 은 幅이 計劃幅보다 若干 커졌고, 平底化效果는 滿足할만하다.

M.S. A-12 는 幅은 計劃幅과 거의 一致하고, 船底는 若干 처저있다.

船體의 물 表面에 가까운 部分일수록 造波抵抗에 寄與하는 影響이 크다. 그러므로 流線追跡한 結果로 求해진 船型의 L.W.L.의 水線面의 形狀은 變化시키지 않는다는 點을 重視하는 見地에서 平底化效果가 若干 不足한 感이 있기는 하나, 幅이 計劃幅과 거의 一致하는 M.S. A-12 를 供試模型으로 選定하고 이것을 fairing 하기로 하였다.

Table 3. Option of C_w

Notation	A	B	C*	D
$V_0 \times 10^2$	2.03	"	"	"
$V_1 \times 10^2$	1.25	"	1.194	"
$K_0 L$	14($F_n=0.2673$)	13($F_n=0.2774$)	14	13
a_1	-0.306127	-0.569699	0.074934	-0.106321
a_2	6.772665	8.875072	5.127134	6.593050
a_3	-13.625384	-17.997692	-11.200247	-14.278056
a_4	7.637053	10.257355	6.397521	8.252747
m_0	0.478	0.565	0.399	0.461
$C_w \times 10^{-3}$	0.291	0.362	0.185	0.216

fairing 作業에 있어서는 C_P 값에 變化가 없도록하기 爲하여 [15] 各斷面의 面積을 一定하게 維持하며 船底의 처진 部分의 面積을 bilge 部로 옮겨 fairing 하였다.

이와같이 해서 얻은 前後對稱인 船型이 바로 所期의 理論船型이다. 供試模型으로서의 M.S. A-12 의 body plan 을 Fig. 8 에 表示한다.

5. Semi 理論船型(改良船型)

現行되고 있는 理論船型計劃法은, half body concept 의 見地에서 後半部船體가 이르는 複雜을 極하는 船尾部의 造波現象은 次置하고, 前半部船體가 이르는 船首波의 極小化만을 圖謀하고 있다. 그러나 理論船型을

Table 4. Design Plan of A-Series Model

(a) Fundamental Plan	
L	2.0 m
$*A_m/L^2$	9.38×10^{-3}
$*\bar{V}/(0.1L)^3$	
$*2T_0/L$	0.09
$*V$	$K_0L=14(F_n=0.267)$
\bar{V}_0	2.03×10^{-2}
$*\bar{V}_1$	1.194×10^{-2}
i_s	$\langle 1, 2, 3, 4 \rangle$
η_s	$0.1(1-\xi^2)^2$
η_B	$0.1 \left\{ 1 - \left(\frac{\xi}{0.8} \right)^2 \right\}^2$
ζ_B	$0.09 (2T_0/L)$
i_α	$\langle 1, 2, 3 \rangle$
M.S. A-10	Side Source only
Condition	$\bar{V}_0=2.03 \times 10^{-2}$ $\bar{V}_1=1.194$
Coefficient	$a_1=0.074934$ $a_2=5.127134$ $a_3=-11.200247$ $a_4=6.397521$
C_w	0.185×10^{-3}
m_0	0.399
M.S. A-11	M.S. A-10+Bottom Doublet
$d(\xi)$	$I_1=0.2106$ $I_2=-0.6792$ $I_3=0.7340$
M.S. A-12	M.S. A-10+Bottom Doublet
$d(\xi)$	$I_1=0.1404$ $I_2=-0.4528$ $I_3=0.4893$

實用化하는 한 方案으로서 理論船型의 前半部와 在來船型의 後半部를 組合하는 方法을 생각할 수 있다

本研究에서는 이와같은 思想에 따라 M.S. A-12의 前半部와 原型 M.S. A-00의 後半部를 連結하고 適切히 fairing 하므로서 M.S. A-00의 理論的인 改良船型, M.S. A-1200를 計劃하였다. 이것을 더욱 正確히 表現 한다면 semi 理論船型이라고 할 수 있을 것이다. M.S. A-1200의 body plan을 Fig. 9에 表示한다.

6. 結 言

(1) 原型 M.S. A-00와 主要寸法等 諸元을 같이하는 條件下에 流線追跡法에 의하여 理論船型 M.S. A-12

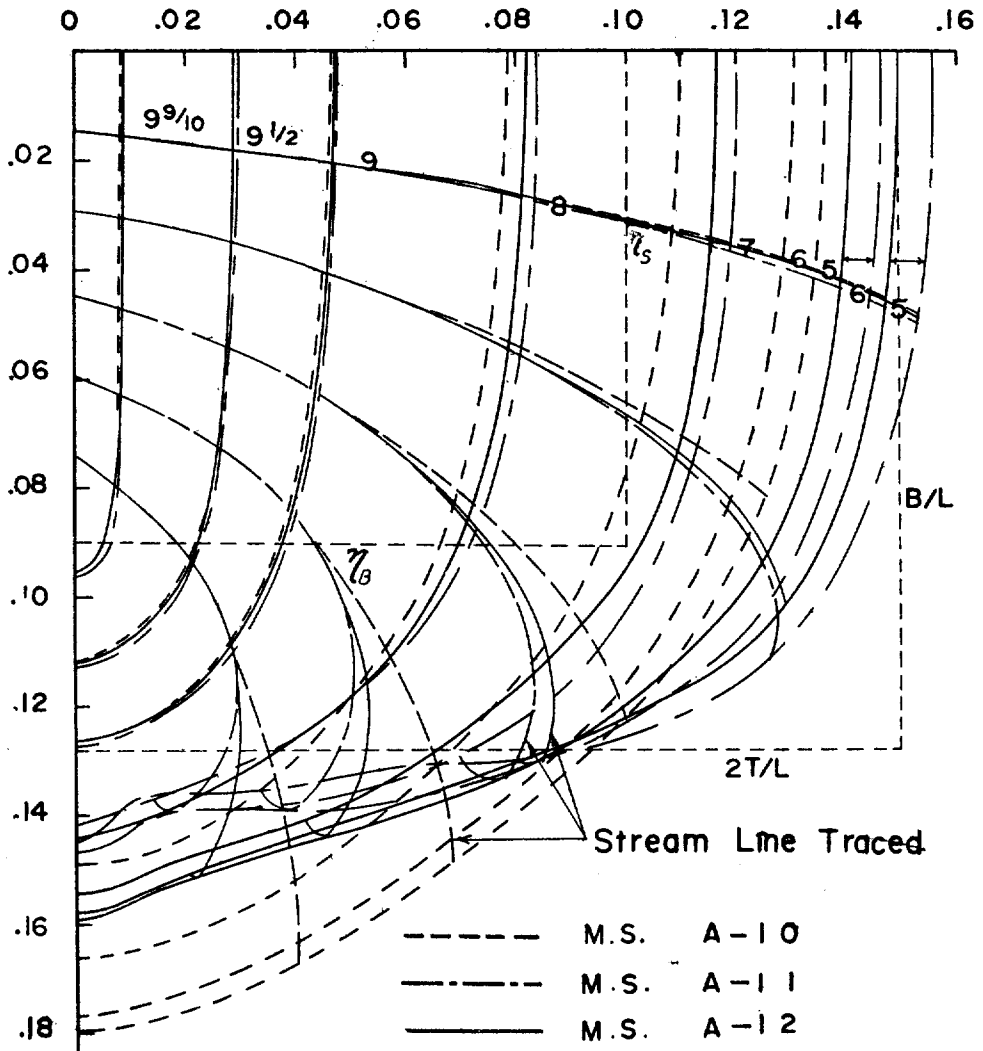


Fig. 7. Body Plans of A-Series Model.

및 semi 理論船型 M.S. A-1200 (改良船型)을 求하였다.

現在 建設中인 仁荷工科大学의 船型試驗水槽가 完成되는데로 이들 原型, 理論船型 및 改良船型에 對한 模型試驗을 實施하여 理論船型的 優秀性を 檢討할 것이다.

(2) 理論的인 船型計劃法을 實設計에 活用할 수 있는 기틀이 마련되었다.

(3) 이 研究에서의 2회에 걸친 理論船型에 對한 試算結果는 原型 A-00의 幾何學的的特性이 $K_0L=12$ 以上

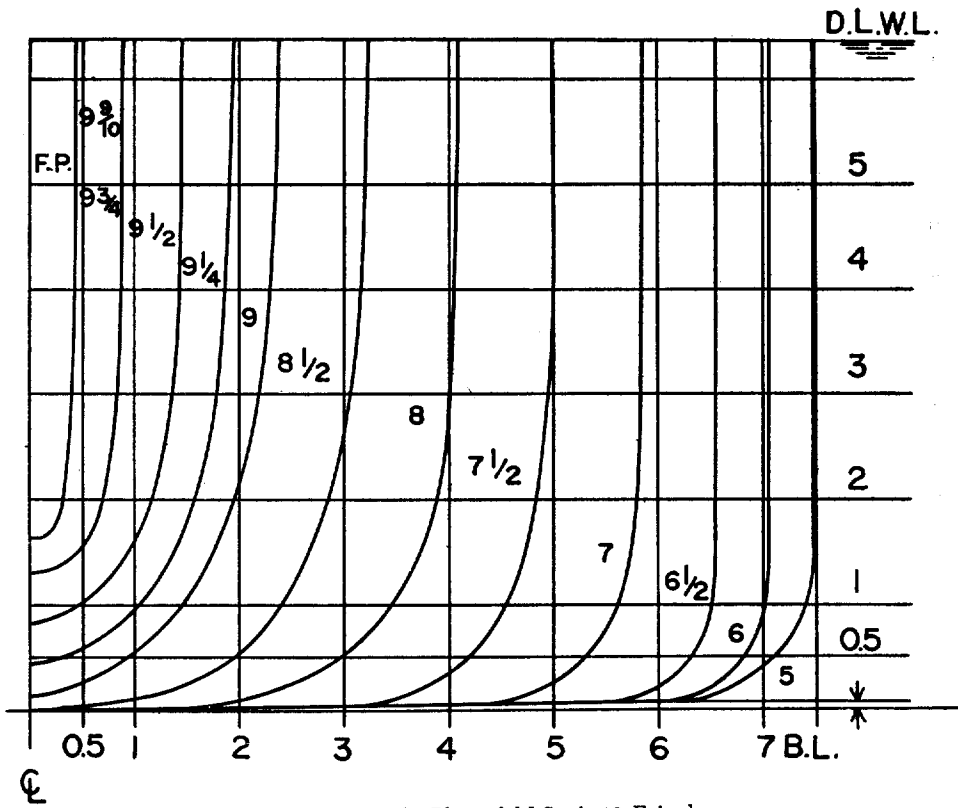


Fig. 8. Body Plan of M.S. A-12 Faired

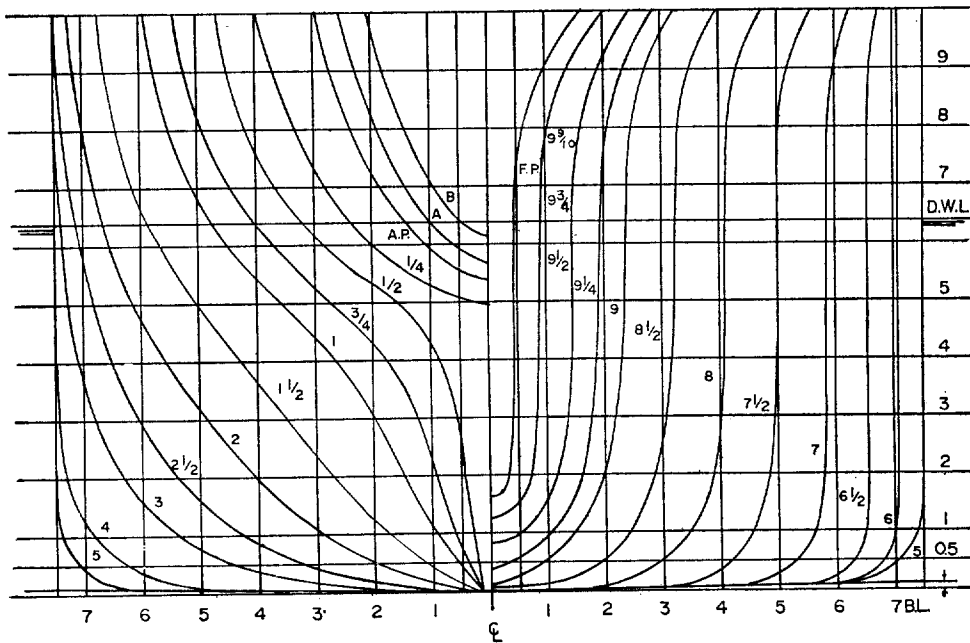


Fig. 9. Body Plan of M.S.-1200

의 速力에 對해서는 適合치 못한 것임을 짐작케 한다. 卽 $K_0L=14$ 時에 比해 $K_0L=12$ 일때는 速力으로는 約 8% 增加에 不過한데 C_w 값은 約 3 倍로 增加되며, $K_0L=12$ 時에 對應되는 M.S. H-1의 lines 는 船首가 過大한 肥大形狀을 나타내고 있다.

(4) 今後 理論船型計劃을 効率的으로 遂行하기 위하여

- i) 變分計算時의 船型의 幾何學的條件과 變分副條件間의 相關關係에 對한 系統的인 資料와
- ii) 流線追跡時의 船型과 main side source 의 分布값이 T_0 , bottom doublet 의 세기 $d(\xi)$ 및 分布값이 ζ_B 間의 關係에 對한 系統的인 資料들을 蓄積할 必要性이 切實하다.

後 記

本研究는 仁荷工科大学에서 支給된 研究費로 遂行된 것이며, 大學當局에 對하여 깊이 感謝드린다.

이 研究를 進行하는데 있어 여러가지로 好意를 베풀어주신 T. Inui 教授와, 始終 貴重한 忠言과 後援을 아끼지 않은 M. Yamaguchi 및 N. Hukudani 兩氏에게 謝意를 表한다.

또한 恒時 激勵해 주신 黃宗屹教授와 圖面作成과 原稿整理를 도와준 朴魯植君, 金仁炯君에게 感謝드린다.

參 考 文 獻

- [1] Froude, W.: "Experiments on the Surface-Friction Experienced by a Plane Moving through Water", *Report of the British A. for the Advancement of Science* 1872.
- [2] Michell, J.H.: "The Wave Resistance of a Ship", *Pil. Mag.*, Vol. 45, 1898.
- [3] Havelock, T.H.: "The Theory of Wave Resistance", *P.R.S.A.*, Vol. 134, 1932.
- [4] Hess, J.L. and Smith A.M.O.: "Calculation of Non-Lifting Potential Flow about Arbitrary Three-Dimensional Bodies", *Journal of Ship Research*, Vol. 8, No. 2, 1964.
- [5] Inui, T.: "A New Theory of Wave-Making Resistance Based on the Exact Condition of the Surface of Ships", 日本造船協會論文集, 93號, 1953.
- [6] Inui, T.: "Study of Wave-Making Resistance of Ships", *S.N.A.J.* 60th Anniversery Series, Vol. 2, 1957.
- [7] Pien, P.C.: "The Application of Wave-Making Resistance Theory to the Design of Ship Hull with Low Total Resistance", 5th Symposium on *Naval Hydrodynamics*, *O.N.R.*, 1964.
- [8] Lunde, J.K.: "On the Linearized Theory of Wave Resistance for Displacement Ships in Steady and Accelerated Motion", *Trans. of S.N.A.M.E.*, 1951.
- [9] 任甫鉉: "깊은 물에서의 線型船首造波抵抗에 對한 小考", 造船學會誌, 4-1, 1967.
- [10] Havelock, T.H. "Wave Patters and Wave Resistance", *T.I.N.A.*, :Vol. 76, 1934.
- [11] 乾 崇夫: "理論船型決定にいたるまでの諸計算", *LITAC*, 1969.
- [12] 乾 崇夫: "實驗船型學と造波抵抗理論", 造波抵抗シンポジウム, 1965.
- [13] 乾, 梶谷: "單純船型の船首波 波形解釋", 日本造船學會論文集, 124號, 1968.
- [14] Inui, Kajitani, Fukutani, Yamaguchi: "On Wave-Making Mechanism of Ship Hull Forms Generated from Undulatory Source Distributions", *Selected Papers from Jornal of S.N.A.J.*, Vol. 4, 1970.
- [15] 丸尾 孟: "造波抵抗理論概說", 造波抵抗シンポジウム, 1965.
- [16] 標準型船設計委員會: "標準型船設計報告", 大韓造船學會誌 5-1, 1968