

論 文

船體周圍의 流線計算法에 關한 研究

曹奎鍾\* · 洪性完\*\* · 朴贊源\*\*\*

A Study on the Stream Lines Calculation around a Ship's Hull

by

K.J. Cho, S.W. Hong, C.W. Park

Abstract

Streamlines around a ship's hull can be calculated by using streamline tracing method replacing the ship section with distribution of singularity. The influence of frame lines on the stream surrounding a hull surface, however, can not be found.

Jinnaka studied on streamlines for Lewis form by applying the slender body theory. The influence of frame lines on stream surrounding a hull surface is well found in Jinnaka's method.

In this paper streamline calculation method for chine type has been developed by using conformal transformation and applying slender body theory as Jinnaka did.

Three kinds of model - one of series 62 for chine type, V.L.C.C. and high speed craft built in Korea for Lewis form - were used for streamline calculation;

1. 序 論

船體周圍의 流線을 計算하는 方法은, 이것을 正確히 計算하러 한다면 船體를 持異點分布로 置換한 後 流線 追跡法等을 使用하여 計算하면 된다. 그러나 이렇게 하여 流線이 計算되더라도 流線이 배의 肋骨線形狀과 어떤 關係에 있는가에 關해서는 알 수 없다.

Guilloton [3]은 Mitchell 型의 얇은 船型에 對하여 流線을 計算하였는데 이것은 船體中心面上의 流線을 船體表面上에 投影한다는 點에 難點이 있어 實用과는 거리가 멀다.

Jinnaka [2]는 Slender body theory를 適用하여 二次元的近似法에 依하여 Lewis form에 對한 流線을 計算하였는데 이것은 實際와 잘 一致할 뿐만 아니라 배의 肋骨線形狀과 흐름과의 關係를 잘 나타내 주고 있다.

그러나 Chine type에 對한 流線計算法은 別로 알려진 것이 없다.

本稿에서는 Lewis form에 對해서는 Jinnaka [2]가 제시한바와 같이 Slender body theory를 適用하여 國內에

서 建造된 바 있는 超大型油槽船과 高速艇에 對한 試算을 해보았으며, Chine type에 對해서는 Jinnaka [3]와 마찬가지로 Slender body theory를 適用하고 Watanabe [4]에 依한 基礎變換式을 使用하여 船體斷面을單位圓으로 等角寫像하여 二次元的近似法에 依하여 Chine type에 對한 流線計算法을 完成하여 Series 62 4667-1 [5]에 對한 流線計算을 해 보았다.

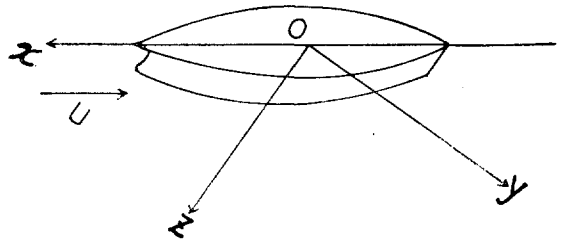


Fig.1. Coordinate system

接受日字 : 1977. 6. 10

\* 正 會 員 : 仁荷大學校 工科學

\*\* 正 會 員 : 仁荷大學校 工科學

\*\*\* 正 會 員 : 弘益工專校

## 2. 理論解析

### 2. 概要

座標系를 Fig.1과 같이  $x$ 軸을 배의 길이方向,  $z$ 軸을 鉛直下方에, 水面이  $xy$ 平面에 오도록 잡고, 船體周圍의 流體는 非粘性, 非壓縮性的 理想流體이고 流動은 非回轉的이라 假定한다. 이것은 船體後半部の 境界層이 두꺼워지는 곳 以外에서는 流線計算上 支障이 없을 것으로 생각된다. 또한 水面은 固定壁이라고 假定한다. 實際로 水面은 自由表面이고, 船體의 進行에 따라 表面波를 일으키지만, 파도의 영향을 水面附近을 除外하고는 그리 크지 않을 것이고 또 後에 補正을 할 수도 있을 것이므로 일단 固定壁이라 생각해 둔다. 이것은 船體固有의 흐름(流速에 關係된 흐름)과 파도에 의한 흐름과로 분리해서 생각하는 것이되고 船體周圍의 흐름을 생각하는 경우 오히려 取扱하기 쉬운 利點이 있다. 그리고 船體가 充分히 細長하다고 假定하고  $x$ 方向의 흐름의 攪亂速度的 變化가  $y$  및  $z$ 方向의 攪亂速度的 變化에 比較하여 充分히 작다고 假定하면 그速度 potential 은 船體近方에서 다음 條件을 滿足한다.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

윗式은 二次元 Laplace方程式으로서 任意的  $x$ 값에 對하여 成立하고 境界面(船體橫斷面)上的 垂直速度  $V_n$ 을 境界條件으로 주면 解를 求할 수 있다.

垂直速度  $V_n$ 은 船體가 充分히 細長하다는 條件下에 다음과 같이 된다.

$$V_n = U \cos \alpha \quad (2)$$

但(2)式的  $\alpha$ 는 생각하는 船體表面上的 點  $P$ 에서의 法線과  $x$ 軸과 이루는 角이다. (Fig.2 參照).

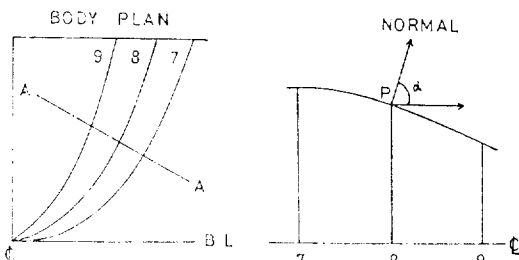


Fig.2 Normal velocity

實用上으로는 船體線圖가 주어지면  $V_n$ 은 다음과 같이 쉽게 求할 수가 있다. 卽  $P$ 點에서의 肋骨線에 垂直한 平面으로 船體를 切斷하고  $P$ 點에서의  $x$ 方向의 勾配를 求하여 이것에  $U$ 를 곱하면  $V_n$ 이 얻어진다.

三次元的인 速度 potential  $\phi(x, y, z)$ 은

$$\phi(x, y, z) = \phi_1(y, z; x) + \phi_2(x) \quad (3)$$

但  $\phi_1(y, z; x)$ 은 (1)의 解의型으로 주어질 것이고, 正確한 解를 計算하기 爲해서는 (3)의  $\phi_2(x)$ 의 解까지 求해야 하나, 만일 船體表面上的 流線을 問題로 삼을 때에는  $U$ 에 對해서 直角인 方向의 速度成分만이 重要な 意味를 갖고  $\phi_2(x)$ 는 流線의 方向에 對하여 二次的인 影響만을 주므로 일단 無視해서 생각하기로 한다. 물론  $\phi_2(x)$ 의 영향을 考慮하여 問題를 取扱할 수도 있지만 여기서는 省略한다.

다음에는 船體表面上的 垂直速度  $V_n$ 이 주어졌을 때의 (1)의 解法인데 그것은 다음과 같다.

### 2.2 Chine type에 對한 流線 計算理論

Fig.3의  $\omega$ -plane上的 原點을 中心으로한 單位圓 및 그 外域을  $\zeta$ 平面上的 多角形 및 그 外域에 等角寫像하는 基礎變換式은 Watanabe(4)로 부터 다음과 같다.

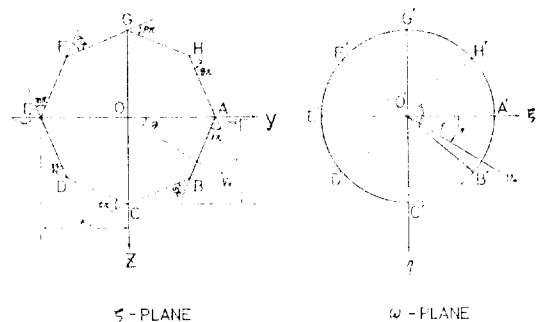


Fig.3. Single chine form

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = M \left(1 - \frac{\omega A'}{\omega}\right)^r \left(1 - \frac{\omega B'}{\omega}\right)^s \left(1 - \frac{\omega C'}{\omega}\right)^t \dots (4)$$

여기서

$$\zeta = y + iz$$

$$\omega = \xi + i\eta$$

또 多角形의 꼭지點  $A, B, C, \dots$ 는 單位圓上的  $A', B', C', \dots$ 에 對應하며,  $\zeta$ -plane上的  $\theta$ 는  $\omega$ -plane上的  $\theta$ 에, 點  $I$ 는 點  $P$ 에 對應한다.  $M$ 은 scale ratio,  $r, s, t, \dots$ 는 Fig.3과 같다.

여기서

(1) 多角形이 항상 凸形이 되기 爲해서는

$$0 \leq r, s, t, \dots < 1$$

(2)  $\omega'_A, \omega'_B, \omega'_C, \dots$ 는  $A', B', C', \dots$ 點의 各點의 值로서  $\omega$  항상 單位圓周上에 있기 爲해서는

$$|\omega'_A| = |\omega'_B| = |\omega'_C| = \dots = 1$$

(3) 多角形의 外角의 合은  $2\pi$ 이므로

$$r + s + t + \dots = 2$$

인 條件이 必要하다.

(4) 式을 써서 Fig.3과 같은 Single chine斷面의 變換式을 誘導해 보면 Kim [6]으로 부터

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = M \left( 1 - \frac{\omega A'}{\omega} \right)^r \left( 1 - \frac{\omega B'}{\omega} \right)^s \left( 1 - \frac{\omega C'}{\omega} \right)^t \left( 1 - \frac{\omega D'}{\omega} \right)^l \left( 1 - \frac{\omega E'}{\omega} \right)^m \left( 1 - \frac{\omega F'}{\omega} \right)^n \left( 1 - \frac{\omega G'}{\omega} \right)^p \left( 1 - \frac{\omega H'}{\omega} \right)^q \quad (5)$$

斷面圖形은 軸  $y, z$ 에 對하여 對稱인 多角形이므로

$$\begin{aligned} r &= m \\ t &= p \\ s &= l = n = q \end{aligned}$$

인 關係가 成立하고,  $\omega$ -plane上의 單位圓의  $y, z$ 軸上의 點들은

$$\omega A' = 1, \omega E' = -1, \omega C' = -i, \omega G' = i$$

이므로 (5)式은

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = M \left[ \left( 1 - \frac{1}{\omega^2} \right)^r \left( 1 + \frac{1}{\omega^2} \right)^t \left( 1 - \frac{2\cos^2\varphi}{\omega^2} + \frac{1}{\omega^4} \right)^s \right] \quad (6)$$

이 된다.

또  $r, s, t$ 는 다음과 같은 關係式을 滿足한다.

$$r + 2s + t = 1$$

여기서  $1/\omega^2 = X$ 라 놓으면 (6)式은

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = M \left[ (1-X)^r (1+X)^t (1-2\cos^2\varphi X + X^2)^s \right] \dots\dots\dots (7)$$

여기서 便宜上

$$\begin{aligned} u_1(X) &= (1-X)^{r/2} \\ u_2(X) &= (1+X)^{t/2} \\ v_1(X) &= (1+X)^t \\ v_2(X) &= [1 - (2\cos^2\varphi)X + X^2]^s \\ f_1(X) &= u_1(X) v_1(X) \\ f_2(X) &= u_2(X) v_2(X) \end{aligned}$$

라 놓으면 (7)式은

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = M f_1(X) f_2(X) \quad (7)'$$

다음  $f_1(X), f_2(X)$ 를 Maclaurin 展開하면

$$\begin{aligned} f_1(X) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n X^n \\ f_2(X) &= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n X^n \end{aligned}$$

但

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= \frac{f_1^{(n)}(0)}{n!} = \frac{1}{n!} \{ u_1^{(n)}(0) + n c_1^{(n-1)} v_1^{(1)}(0) + n c_2 u_1^{(n-2)} v_1^{(2)}(0) + n c_{n-1} u_1^{(1)}(0) v_1^{(n-1)}(0) + v_2^{(n)}(0) \} \\ \beta_n &= \frac{f_2^{(n)}(0)}{n!} = \frac{1}{n!} \{ u_2^{(n)}(0) + n c_1 u_2^{(n-1)} v_2^{(1)}(0) + n c_2 u_2^{(n-2)} v_2^{(2)}(0) + n c_{n-1} u_2^{(1)}(0) v_2^{(n-1)}(0) + v_1^{(n)}(0) \} \end{aligned} \right\} \quad (7)''$$

고로 (7)''式은 다음과 같이 쓸수 있다.

또는

$$\begin{aligned} \frac{d\zeta}{d\omega} &= M \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \omega^{-i} \beta_i X^n \right] \\ &= M \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \omega^{-2n} \right] \\ &= M \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \omega^{-2n} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} y &= M \left[ e^{\alpha} \cos\theta + \sum_{n=1}^{\infty} b_{2n-1} e^{-(2n-1)\alpha} \cos(2n-1)\theta \right] \\ z &= M \left[ e^{\alpha} \sin\alpha - \sum_{n=1}^{\infty} b_{2n-1} e^{-(2n-1)\alpha} \sin(2n-1)\theta \right] \end{aligned} \quad (9)'$$

寫像函數가 決定된 後의 解法은 다음과 같다.

지금 Fig. 3의 단위원주상의 點  $P$ 에서의 垂直速度를  $v_n$ 이라 하면

$$v_n = V_n \left| \frac{d\zeta}{d\omega} \right| \quad (10)$$

고로

$$v_n = V_n \sqrt{ \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n)\theta \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n)\theta \right\}^2 } \quad (10)'$$

이것을  $\omega$ 에 關하여 積分하면 直線肋骨斷面의 寫像函數  $\zeta$ 를 얻게 된다.

이러한 單位圓周上의 垂直速度를 圓周上에 따라 積分한 것을  $Q$ 라 하면

$$Q = \int_0^{2\pi} v_n d\theta \quad (11)$$

但 
$$b_{2n-1} = \frac{-1}{2n-1} \alpha_n \beta_i$$

여기서  $\omega$ -plane에  $Q$ 되는 세기의 point source를 놓고 이것이 圓周上에 誘導하는 速度를  $\bar{v}_n$ 라 하면

$$\bar{v}_n = \frac{Q}{2\pi} \tag{12}$$

이다.

Chine斷面에 對해서는

$$\bar{v}_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{\left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta) \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta) \right\}^2} \tag{12}'$$

다음에

$$q = 2(v_n - \bar{v}_n)$$

되는 세기의 Line source를 單位圓周上에 分布시키면 圓周上의 垂直速度는  $v_n$ 이 되어  $\omega$ -plane上의 境界條件을 滿足하는 解가 되고 이것을  $\zeta$ -plane上에 變換하면 (1)의 解가 된다.

圓周上에서의 切線速度는 圓周上의 點  $p'$ 에 있는 Line source에 依하여 誘導되는 速度의 切線方向成分을 圓周上에 따라 積分한 것이므로

$$v_t = \int_0^{2\pi} \frac{q \cot \frac{\beta}{2}}{2\pi p p'} d\beta = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} q \cot \frac{\beta}{2} d\beta \tag{14}$$

$$V_t = \frac{1}{2\pi \sqrt{\left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta) \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta) \right\}^2}} \times \int_0^{2\pi} \left[ V_n \sqrt{\left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n)(\theta + \beta) \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n)(\theta + \beta) \right\}^2} - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{\left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta) \right\}^2 + \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta) \right\}^2} d\theta \right] \cot \frac{\beta}{2} d\beta \tag{15}'$$

로 된다.

### 2.3 Lewis form에 對한 流線計算理論

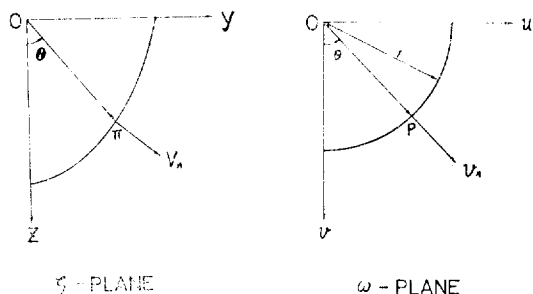


Fig. 5. Lewis form

Jinnaka[2]에 依하면  $\zeta$ -plane上의 船體斷面形狀이 다음과 같은 Bieberbach의 變換

$$\zeta = M(\omega + a_1\omega^{-1} + a_3\omega^{-3} + a_5\omega^{-5} + \dots) \tag{16}$$

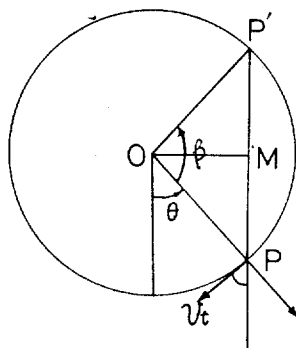


Fig. 4. Tangential velocity

이다.

$v_t$ 를 알면 對應하는 船體斷面의 肋骨線上에서의 切線速度  $V_t$ 는 (10), (11), (12), (13), (14)式으로 부터

$$V_t = \frac{1}{\left| \frac{d\zeta}{d\omega} \right|} v_t = \frac{1}{4\pi \left| \frac{d\zeta}{d\omega} \right|} \int_0^{2\pi} q \cot \frac{\beta}{2} d\beta \tag{15}$$

이다.

고로 Chine 斷面에 對해서는

에 依하여  $\omega$ -plane上의 單位圓에 寫像되어 진다고 假定하고 變換 (16)의 제3항까지를 取하면 Lewis斷面形狀에 對應하며, 이때 船體斷面의 肋骨線上의 切線速度  $V_t$ 는 2.2의 理論과 마찬가지로 (10), (11), (12), (13), (14)式에 依해서 다음과 같이 된다.

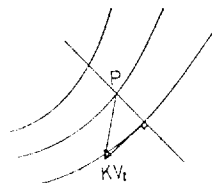


Fig. 6. Direction of streamline

$$v_n = V_n M \sqrt{1 + a_1^2 + 9a_3^2 - 2a_1(1 - 3a_3)\cos 2\theta - 6a_3\cos 4\theta} \quad (17)$$

$$\bar{v}_n = \frac{M}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{1 + a_1^2 + 9a_3^2 - 2a_1(1 - 3a_3)\cos 2\theta - 6a_3\cos 4\theta} \, d\theta \quad (18)$$

$$V_i = \frac{1}{2\pi \sqrt{1 + a_1^2 + 9a_3^2 - 2a_1(1 - 3a_3)\cos 2\theta - 6a_3\cos 4\theta}} \times \int_0^{2\pi} \left\{ V_n \sqrt{1 + a_1^2 + 9a_3^2 - 2a_1(1 - 3a_3)\cos 2(\theta + \beta) - 6a_3\cos 4(\theta + \beta)} - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{1 + a_1^2 + 9a_3^2 - 2a_1(1 - 3a_3)\cos 2\theta - 6a_3\cos 4\theta} \, d\theta \right\} \cot \frac{\beta}{2} \, d\beta \quad (19)$$

이렇게 하여 (16), (19)에 의해 각斷面의  $V_i$ 가 計算 되면, 船體線圖上에 流線의 方向을 다음과 같이 그릴 수 있다. 卿 Fig. 6의 P點에서 肋骨線에 法線을 긋고 다음 斷面의 肋骨線과의 交點에서 그림과 같이  $kV_i$ 와 같은 點 R을 求하여 P와 R을 연결하면 이것이 流線의 方向이 된다.

여기서

$$k = \frac{\text{縱線의 間隔}}{U}$$

이다.

### 3. 數置計算

#### 3. Chine type

Chine type의 形狀은 Fig. 3에 定義된  $r, s, t, B/H$  및  $\varphi$ 에 의해 決定된다. 그런데 (15)'를 計算하려면 우선 계수  $a_n$ 이 求해 져야한다.

(8)로부터  $a_1, a_2, a_3, \dots$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a_1 &= \alpha_1\beta_0 + \alpha_0\beta_1 \\ a_2 &= \alpha_2\beta_0 + \alpha_1\beta_1 + \alpha_0\beta_2 \\ a_3 &= \alpha_3\beta_0 + \alpha_2\beta_1 + \alpha_1\beta_2 + \alpha_0\beta_3 \\ &\vdots \\ a_n &= \alpha_n\beta_0 + \alpha_{n-1}\beta_1 + \alpha_{n-2}\beta_2 + \dots + \alpha_2\beta_{n-2} + \alpha_1\beta_{n-1} + \alpha_0\beta_n \end{aligned}$$

이와같은  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 을 決定하려면  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ 과  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 을 알아야 한다. 이것은 (7)''로부터

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 1 \\ \alpha_1 &= u_1^{(1)}(0) + v_1^{(1)}(0) \\ \alpha_2 &= \frac{1}{2!} \{u_1^{(2)}(0) + 2u_1^{(1)}(0)v_1^{(1)}(0) + v_1^{(2)}(0)\} \\ \alpha_3 &= \frac{1}{3!} \{u_1^{(3)}(0) + 3u_1^{(2)}(0)v_1^{(1)}(0) + 3u_1^{(1)}(0)v_1^{(2)}(0) + v_1^{(3)}(0)\} \\ &\vdots \\ \beta_0 &= 1 \\ \beta_1 &= u_2^{(1)}(0) + v_2^{(1)}(0) \end{aligned}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2!} \{u_2^{(2)}(0) + 2u_2^{(1)}(0)v_2^{(1)}(0) + v_2^{(2)}(0)\}$$

$$\beta_3 = \frac{1}{3!} \{u_2^{(3)}(0) + 3u_2^{(2)}(0)v_2^{(1)}(0) + 3u_2^{(1)}(0)v_2^{(2)}(0) + v_2^{(3)}(0)\}$$

이다 여기서  $\alpha_n$ 과  $\beta_n$ 을 計算하려면  $u_1(X), u_2(X), v_1(X), v_2(X)$ 의  $n$ 계도함수의  $X=0$ 에서의 값을 求해야 한다. 그것을 求해보면

$$\begin{aligned} u_1^{(1)}(0) &= -\frac{1}{2}r \\ u_1^{(2)}(0) &= -\frac{1}{2}(r-2)u_1^{(1)}(0) \\ u_1^{(3)}(0) &= -\frac{1}{2}(r-3)u_1^{(2)}(0) \\ &\vdots \\ u_1^{(n)}(0) &= -\frac{1}{2}(r-2n+2)u_1^{(n-1)}(0) \\ v_1^{(1)}(0) &= t \\ v_1^{(2)}(0) &= (t-1)v_1^{(1)}(0) \\ v_1^{(3)}(0) &= (t-2)v_1^{(2)}(0) \\ v_1^{(4)}(0) &= (t-3)v_1^{(3)}(0) \\ &\vdots \\ v_1^{(n)}(0) &= (t-n+1)v_1^{(n-1)}(0) \\ u_2^{(1)}(0) &= u_1^{(1)}(0) \\ u_2^{(2)}(0) &= u_1^{(2)}(0) \\ u_2^{(3)}(0) &= u_1^{(3)}(0) \\ &\vdots \\ u_2^{(n)}(0) &= u_1^{(n)}(0) \\ v_2^{(1)}(0) &= S \cdot C \\ v_2^{(2)}(0) &= S_1 \cdot C^2 + 2S \\ v_2^{(3)}(0) &= S_2 \cdot C^3 + 6S_1 \cdot C \\ v_2^{(4)}(0) &= S_3 \cdot C^4 + 12S_2 \cdot C^2 + 12S_1 \\ &\vdots \end{aligned}$$

여기서

$$\begin{aligned} C &= -2\cos 2\varphi \\ S_1 &= S(s-1) \\ S_2 &= S_1(s-2) \\ S_3 &= S_2(s-3) \\ &\vdots \end{aligned}$$

상기로부터 알 수 있는 바와 같이  $u_1(X)$ ,  $u_2(X)$ ,  $v_1(X)$ ,  $v_2(X)$ 의  $n$ 계도 함수까지의 값은  $r, s, t$  및  $\varphi$ 에 의해서 결정된다. 그런데  $\varphi$ 의 값은 동일한  $r, s, t$ 를 갖는 斷面 일지라도 B/H값의 변화에 따라 달라지므로, 동일한  $r, s, t$ 에 대한 B/H와  $\varphi$ 와의 關係를 알아야만, 주어진 斷面의 특성치  $r, s, t$ , B/H에 대한  $\varphi$ 값을 알 수 있을 것이다.

$\varphi$ 값의 결정은 寫像函數 (9)를 제 14항까지 取하면,  $\varphi$ 는 기지수  $r, s, t$ , B/H에 關한 14차방정식이 되므로, 여기서는  $r, s, t$ 를 주고  $\varphi$ 값을  $0^\circ$ 에서  $90^\circ$ 까지 변화시킬때의 B/H의 變化를 求하여 주어진 B/H값에 대한  $\varphi$ 값을 찾았으며 B/H와  $\varphi$ 와의 關係는 다음과 같은 관계식으로부터 전산기를 이용하여 구하였다. (9)'로 부터

$$B=2(y)_{\alpha=0, \theta=0} = 2M \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} b_{2n-1} \right)$$

$$H=(Z)_{\alpha=0, \theta=\frac{\pi}{2}} = M \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n b_{2n-1} \right\}$$

$$\frac{B}{H} = \frac{2 \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} b_{2n-1} \right)}{1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n b_{2n-1}}$$

이와같이 하여 주어진 斷面의 특성치가 결정되면  $a_1$ ,

Table 1

Particulas	Model
$A\hat{p}, ft^2$	12,800
$L\hat{p}, ft$	8,000
$B_{PA}, ft$	1,600
$B_{PX}, ft$	1,956
$B_{PT}, ft$	1,250
$L_P/B_{PA}$	5.00
$L_P/B_{PX}$	4.09
$B_{PX}/B_{PA}$	1.22
$B_{PT}/B_{PX}$	0.64
Centroid of $A_P$ , % $L_P$ fwd of transom	48.8
Angle of $a-b$ chine in plan view, deg	5.0
Half-angle of waterline entrance, deg	46

$a_2, a_3, \dots, a_n$ 이 결정되고 (15)'의 計算이 可能해진다.

本稿에서는 供試船型으로서 Series 62 4667-1에 關하여 實船計算을 하였다. 供試船型의 제원과 各斷面의 특성치는 Table 1, 2와 같다.

본고에서의 제반계산은 寫像函數 (9)의 제 14항까지를 求하여 電算機를 利用하여 수행하였다. 各 斷面의 특성치  $r, s, t$ , B/H에서  $\varphi$ 의 變化에 대한 B/H의 關係圖는 Fig. 7과 같으며 切線速度를 計算하기 爲한 Program의 흐름도표는 Fig. 8과 같다. 이와같은 方法으로 計算을 수행하여 流線을 求해본 結果 Fig. 9와 같다.

3.2 Lewis form

寫像函數 (16)의 各係數  $a_1, a_3, a_5, \dots$ 의 결정은 Jinnaka[2]와 같은 方法으로 하였으며, 實際로 存在할 수 있는 여러가지 B/H에 대한 Lewis form을 계통적으로

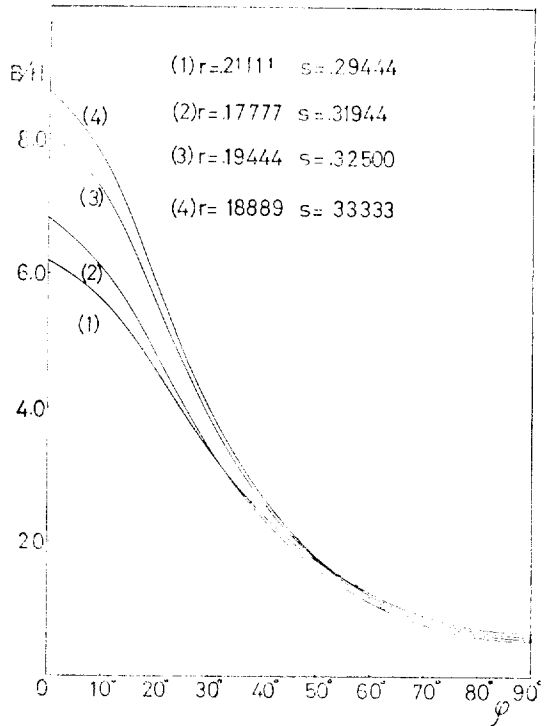


Fig. 7. B/H와 φ의 關係圖

Table 2.

Particulars	Station	3	4	5	6	7	8	9	10
$r$		0.2111	0.1777	0.1944	0.1888	"	"	"	"
$s$		0.2944	0.3194	0.3250	0.3333	"	"	"	"
$t$		0.2000	0.1833	0.1555	0.1444	"	"	"	"
B/H		5.733	5.908	5.763	5.524	5.142	4.761	4.385	3.963
$\varphi$		0.1518	0.1775	0.2850	0.3626	0.4044	0.4422	0.4777	0.5324

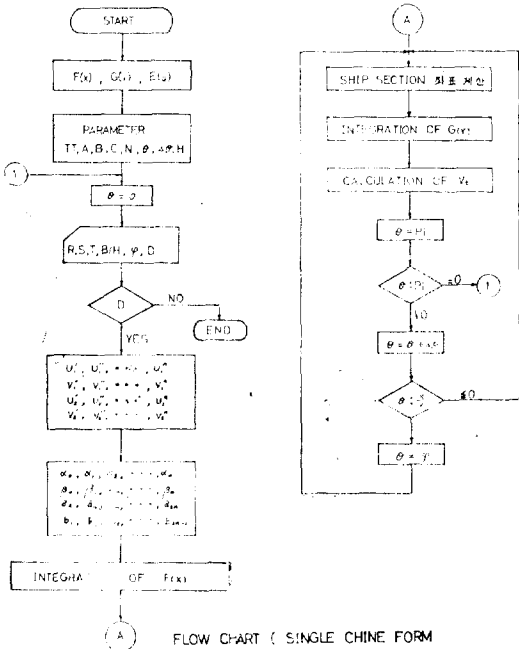


Fig. 8. Flow chart of chine type

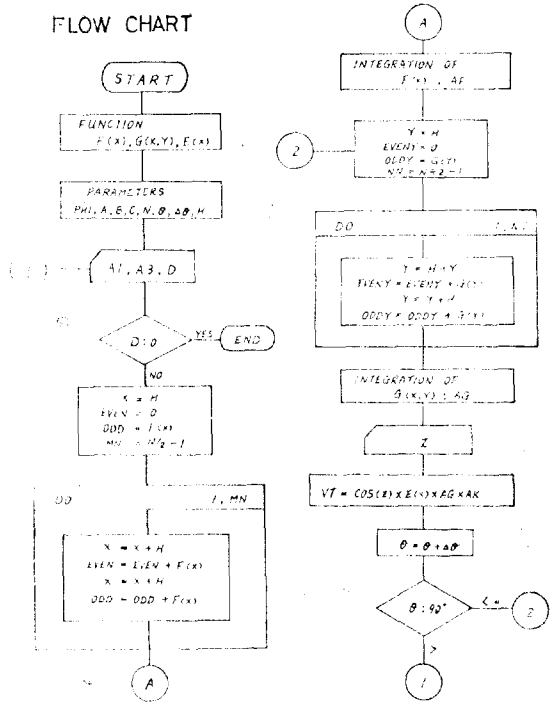


Fig. 10. Flow cofm

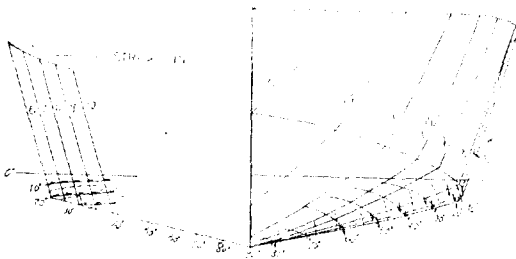


Fig. 9. Streamlines of chine type

그러보았다. 各係數  $a_1, a_3, a_5, \dots$ 에 對한 斷面의 計算과 切線速度計算에는 進算기를 利用하였다.

供試船型으로서 國內에서 建造된바 있는 超大型油槽船과 高速艇에 關하여 計算을 해보았다. 供試船型의 次元과 各斷面의 特性치  $a_1, a_3$ 는 Table 3, 4와 같으며, 切線速度를 計算하기 爲한 프로그램의 흐름도표는 Fig. 10과 같고 이와같은 方法으로 流線을 求해본 결과 Fig. 11, 12와 같다.

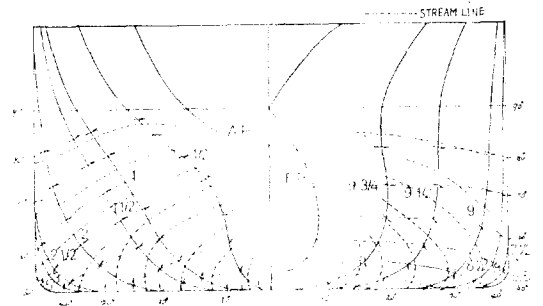


Fig. 11. Streamlines of V.L.C.C.

Table 3. Particless of models

Particless	Model	V.L.C.C.	High Speed Craft
Length Over All		344,424M	21,788M
Length B.P.		329,184M	20,488M
Breadth		51,816M	3,100M
Draft		19,812M	1,200M
Depth		26,518M	2,512M
Displacement		230,000DWT	30t
Speed		16Kt	30Kt

Table 4. Particleness of Models

Station	Model Particulas	V.L.C.C		High Speed Craft	
		A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>
1/2		0.181818	0.272727	0.608695	0.130434
1		0	0.059715	0.418250	0.102662
11/2		-0.069767	0		
2		-0.105730	-0.048428	0.203969	0.155405
21/2		-0.114761	-0.120158		
3		-0.112910	-0.134354	0.029630	0.55605
4		-0.110212	-0.155035	-0.098801	0.086814
5		-0.110212	-0.155035	-0.186678	0.120072
6		-0.110212	-0.155035	-0.215686	0
7		-0.110212	-0.155035	-0.251696	-0.029171
71/2		-0.110212	-0.155035	0.	
8		-0.111189	-0.147546	-0.274138	-0.405150
81/2		-0.112207	-0.139743		
9		-0.129300	0.103929	-0.286049	-0.040894
91/2		0.076826	-0.076826		
93/4		0.193685	-0.086911		
10				-0.286049	-0.040894
11				-0.297540	-0.041259
12				-0.308633	-0.416120

그런데 Jinnaka가 사용한 Bieberbach의 變換式은 Lewis form에 對한 變換式이므로 Chine type에 對한計算은 할 수가 있다. 그런데 Watanabe에 의한 基礎變換式을 利用하면 單位圓을 多角形으로 寫像할 수 있는 變換式을 얻을 수 있다. 그러므로 Jinnaka에 의한 Lewis form에 對한 流線計算法中에서 Bieberbach의 變換式을 Watanabe의 基礎變換式으로 대치하면 Chine型 船型에 對한 流線計算을 遂行할 수 있다. 이때 Fig.3의 多角形이 8角形이므로 Single Chine이 되었는데, 12角形으로 한다면 Double Chine으로 된다. 그러므로 多角形을 12角形으로 取한다면, 船體橫斷面이 Double Chine인 船型에 對해서도 流線計算을 擴張할 수 있을 것이다.

Fig. 11, 12의 船體前半部에서 알 수 있는 바와 같이 Tanker와 같은 bilge circle이 작은 Utype보다는 Vtype에 가까운 것이 Secondary flow의 영향이 比較的 작은 것 같다.

Fig. 9의 船體後半部에서와 같이 인접한 船體橫斷面の 形狀이 서로 같을 때는 船體表面上的 勾配가 Fig. 2로부터 零이되어 船體橫斷面の 肋骨線上的 垂直度  $V_n$ 은 式(2)로부터 零이 되기 때문에 船體表面上的 切線速度  $V_t$ 도 零이 된다. 그러므로 各橫斷面に 垂直한 方向이 流線의 方向이 될 것이며, 이때 各斷面の 流線은 平行이다.

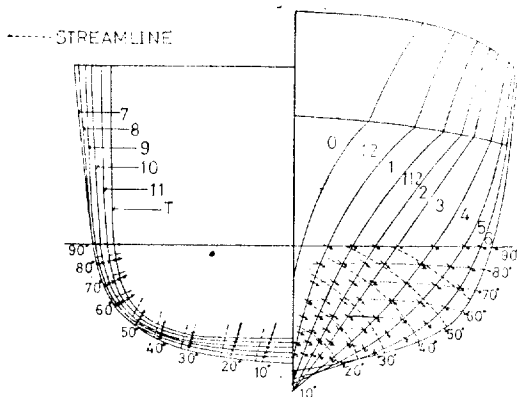


Fig. 12. Streamlines of High Speed Craft

4. 考 察

Slender body theory를 適用하여 二次元的 方法에 依하여 流線을 計算하려면 우선 船體橫斷面이 單位圓으로 寫像되어진다면 問題를 解決할 수 있다.



이런 流線의 方向은 橫斷面에서는 點으로 表示된다.

船體橫斷面이 같은 平行部에서는 流線이 그 橫斷面에 垂直한 方向으로 平行하다는 事實은 32,000 D.W.T. 화물선의 모형실험 [7]결과와 사진으로부터도 볼 수 있다.

### 5. 結 論

(1) Jinnaka의 二次元的 方法에 依한 Lewis form에 對한 流線計算法에서 Bieberbach의 變換式을 Watanabe의 變換式으로 代치하면 Chine型船型에 對한 流線計算을 할 수 있다.

(2) 인접한 船體橫斷面의 形狀이 서로 같은 때는 流線의 方向은 그 斷面に 垂直하며 서로 平行하다.

(3) Secondary flow를 줄인다는 견지에서 본다면 U型斷面보다는 V型斷面이 바람직한 것 같다.

(4) 本稿에서는 Fig.3에서 多角型을 8角型으로 擇하였기 때문에 single chine이 되었지만 12角形으로 擇하던 double chine船型에 對해서도 이 方法을 擴張할 수 있다.

### 後 記

本研究은 1976年度 産學協同財團의 研究費로 수행되었다. 研究費를 支給하여 주신 産學協同財團에 深甚感謝를 드립니다.

### 參 考 文 獻

- [1] F.M. Lewis; "The Inertia of Water Surrounding a Vibrating Ship," *Trans. The Society of Naval Architects and Marine Engineers Vol. 37.* 1929.
- [2] Tatsuo, Jinnaka; "On the Stream line around a Ship's Hull," *Trans. The Society of Naval Architects of Japan.* 1967
- [3] Guilloton; Stream line on fine Hulls, *TINA* 1948
- [4] Watanabe; "On the Apparent Moment of Inertia of Ship in free Rolling," *Trans. The Society of Naval Architects of Japan*, No.52. 1935
- [5] Eugene. P. Clement and D.L.B. Lount, "Resistance Test of a Systematic Series of Planning Hull Forms," *Trans. The Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 1963
- [6] S.S. Kim; "Two Dimensional Added Inertia Coefficients for Straight Framed Hull Forms in Horizontal and Torsional Vibration," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 12 No. 2 1975.
- [7] "Model Test with 32000 DWT Product Carrier," *The Ship Research Institute of Norway.* 1976.