

Chine型 船體周圍의 流線計算에 關한 實驗的 考察

이 근 무

홍익대학교 조선해양공학과

(1996년 6월 21일 접수)

Experimental Study on the Calculation of Streamlines around a ShipHull of Chine Form

Guen - Moo Lee

*University of Hong - Ik

(Received June 21, 1996)

Abstract

Generally, the flow around the ship's hull often appear 3 - dimensional separation at the bow and stem, and the vortex by this flow affects greatly the resistancepropulsive efficiency and maneuverability of the ship.

This study is compared the calculated result based on the streamlines calculation method with the experimental result by oil film method to analyze the patterns and characteristics of the flows around the ship's hull of chine form.

DTMB Series 62, 4667 - 1 vessel was selected as a sample ship of chine form and model ship was painted with the mixture of oil - color, paint, and poly wax at the surface of the vessel and tested in the model towing tank of Inha University.

The results obtained in this study are listed briefly as follows ;

1. For the single chine form, after $4\frac{1}{2}$ station the streamlines are crossed at the chine line and the streamlines are converted to the vortex follow the chine line.
2. For the single chine form, the vortex appered increases and severely in and arround the stern.
3. The approximate streamlines for the ship's hull of chine form can be assigned by the use of the Watanabe's basic transformation formular.

1. 서 론

船體周圍의 흐름은 船首尾部近處에서 三次元剝離를 일으키는 경우가 많으며 이로 인하여 생기는 vortex에 의하여 배의 低抗推進性能, 操縱性能에 커다란 影響을 미친다는 것은 널리 알려져 있다.

이러한 이유에서 船體周圍의 흐름의 性質을 상세히 파악해 볼 必要가 있는 것이다.

本 研究는 chine型 船體周圍의 흐름의 性質을 파악해 보기 爲하여, 理論的인 方法에 依하여 流線을 推定해 보고, 實驗的인 方法에 依하여 chine型 船體 周圍의 흐름의 양상과 性質을 알아보고자한다.

理論的인 方法에 依해 船體周圍의 流線을 正確히 計算하려면 船體를 特異點分布로 치환한 후 流線追跡法 等을 使用하면 計算할 수 있지만, 船體를 特異點分布로 表現하는 作業은 대단히 複雜하고 努力이 많이 든다.^{1,2)}

Guilotton³⁾은 Michell型的인 얇은 船型에 對하여 流線을 計算하였으나 船體中心面上의 流線을 船體表面上에 投影한다는 點에 難점이 있다.

Jinnaka⁴⁾는 肋骨型 形狀에 關하여 slender body theory를 적용하여 二次元的 近似法에 依해 Lewis form⁵⁾에 對한 流線을 計算하여 이미 正確한 流線이 求해져 있는 Inuid⁶⁾에 對하여 比較 검토하였다.

本稿에서는 理論的인 流線推定을 爲하여 Jinnaka의 方法中 Biberbach⁴⁾의 變換式 대신 Watanabe⁶⁾의 基礎方程式을 使用하였고, 實驗的인 方法은 油膜法에 依하여 실시 하였다.

供試 船型으로서 是 chine型 船으로 DTMB Series 62, 4667-1⁷⁾(single chine型)을 선정하였고, 實驗은 模型船을 製作하여 그 模型船의 表面에 oil color, paint, wax를 混合한 物質을 模型船 表面에 칠하는 方法⁸⁾에 依해서 流線觀察 實驗을 실시 하였다.

實驗으로 얻어진 油膜의 모양으로부터 chine型 船體周圍의 흐름의 性質을 파악하고 計算으로 推定된 流線과 比較 檢討하였다.

2. 理論解析 및 流線計算

2-1 개요

좌표계를 Fig. 1과 같이 X軸을 배의 길이 方向, Z軸을 鉛直下方에, 水面이 X,Y平面에 오도록잡고 배는U의 速度로 움직인다고 하자.

船體周圍의 流體는 非粘性 非壓縮性的인 理相流體이고 流動은 非回轉的이라 假定한다. 이것은 船體 後半部의 境界層이 두꺼워 지는 곳 이외에서는 流線計算上 支障이 없을 것으로 생각된다. 또한 水面은 固定壁이라 가정한다. 실제로 水面은 自由表面이고 船體의 進行에 따라 表面波를 일으키지만, 파도의 影響은 水面附近을 제외하고는 그리 크지

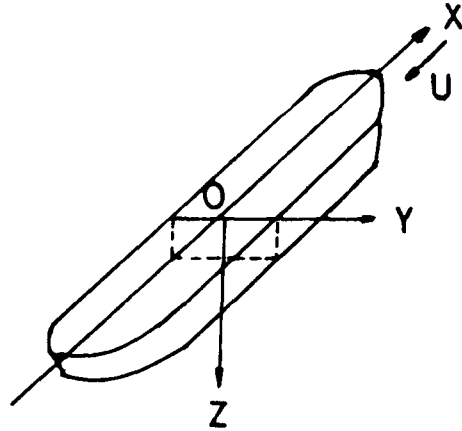


Fig 1. Coordinate system

않을 것으로 보고 또 일단 固定壁이라 해 둔다. 이것은 船體固有의 흐름과 파도에 의한 흐름으로 나누어 다루는 것이 船體周圍의 흐름을 용이하게 취급할 수 있는 잇점이 있기 때문이다.

그리고 slender body theory를 적용하기 위하여 船體가 充分히 細長하다고 가정한다. 따라서 一般流의 크기에 比하여 船體의 교란 速度는 적다. 그리고 X方向흐름의 교란速度의 變化가 Y 및 Z方向의 교란速度의 變化에 比하여 充分히 작다고 가정한다면 速度 potential은 船體 近方에서 다음 條件을 만족한다.

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

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

수직속도 V_n 은 船體가 充分히 細長하다는 條件下에 다음과 같은 式으로 표현될 수 있다.

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

단, (2)式的인 α 는 任意的인 船體 表面上的인 點 P에서 的인 流線과 x軸과 이루는 角이다.(Fig.2 參照)

實用上으로는 船體線圖가 주어지면 수직속도 V_n 은 다음과 같이 쉽게 구할 수 있다. 즉 P점에서 的인 肋骨線에 수직인 平面으로 船體를 切斷하고, 그

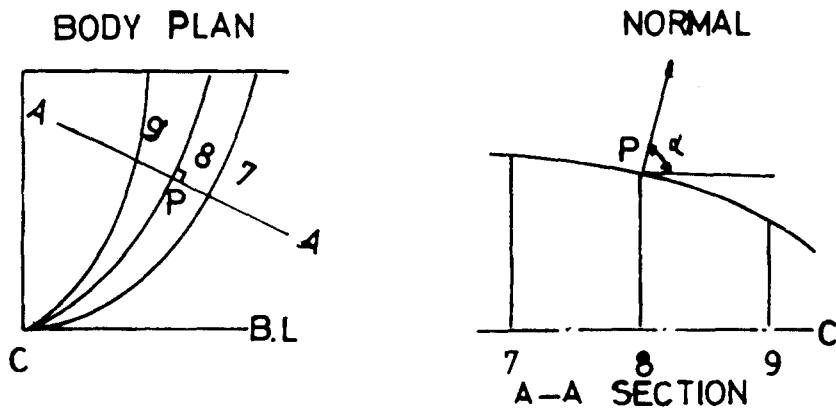


Fig. 2 Normal velocity

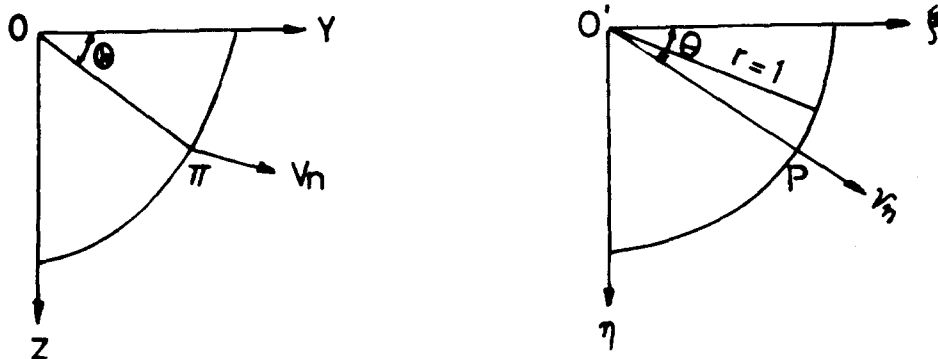


Fig. 3 Conformal mapping of ship section into unit circle

切斷曲線의 P點에서 x方向의 기울기를 求하여 U를 곱하면 V_n 이 얻어진다.

三次元的인 速度 potential $\phi(x, y, z)$ 은

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

단, $\phi_1(y, z; x)$ 는 (1)의 解의 型으로 주어질 것이고, 엄밀한 解를 計算하기 위해서는 (3)의 $\phi_2(x)$ 의 解까지 구해야 하나, 만일 船體表面上的 流線만을 問題로 삼을때는 進進속도 U에 對해서 直각 方向의 速度成分만이 重要한 의미를 갖고 $\phi_2(x)$ 는 유선의 方向에 對해서 二次元的인 影響만을 주므로 일단 무시해서 생각하기로 한다.

2-2 流線計算 理論

Fig. 3과 같이 船體斷面을 ζ -plane上에 선정하고 그 위의 점을

$$\zeta = y + iz \quad (4)$$

로 表示하고 그림의 각 ㉠에 對應하는 點 P의 垂直速度 V_n 이라하자. 지금 ζ -plane上的 船體橫斷面 形狀이 어떠한 變換式

$$\zeta = f(w) \quad (5)$$

에 의해서 w-plane上的 單位圓에 사상된다고 가정하자. 여기서

$$w = \zeta + i\eta \quad (6)$$

이렇게 하면 ζ -plane上的 角 ㉠은 w-plane上的 角 θ 에 나타내고, 점 P 상의 垂直速度를 V_n , 單位圓周上에서의 垂直速度를 v_n 이라 하면

$$v_n = V_n |f'(\theta)| = V_n \left| \frac{d\zeta}{dw} \right| \quad (7)$$

의 관계가 성립된다.

지금 단위圓周上の 垂直速度 v_n 을 圓周上에 沿하여 積分한 값을 Q 라 한다면

$$Q = \int_0^{2\pi} v_n d\theta \quad (8)$$

가 된다, 또 w -plane上的 원점에 크기가 Q 가 되는 세기의 point source를 놓고 이것이 圓周上에 誘導하는 速度를 \bar{v}_n 라 한다면

$$\bar{v}_n = Q/2\pi r = Q/2\pi \quad (9)$$

가 된다. 다음에

$$q = 2(v_n - \bar{v}_n) \quad (10)$$

이 되는 세기의 line source를 단위 원주상에 分布시키면 圓周上에서의 垂直速度는(8)의 point source와 組合하여 다음과 같이 된다.(Fig. 4 參照)

Fig. 4로부터 점 P' 에 있는 line source에 의해 P 점에 誘發되는 速度 v_{n1} 은

$$\begin{aligned} v_{n1} &= \frac{q}{2\pi PP'} = \frac{q}{4\pi PM} \\ &= \frac{q}{4\pi} \cdot \frac{1}{r \sin(\beta/2)} = \frac{q}{4\pi \sin(\beta/2)} \end{aligned} \quad (11)$$

또 P' 에 있는 line source에 의해 P 점에 誘發되는 단위 원주상의 垂直速度 v_{n2} 는

$$v_{n2} = v_{n1} \sin(\beta/2) = \frac{q}{4\pi} \quad (12)$$

圓周上の 모든 line source에 의해 誘發되는 P 점

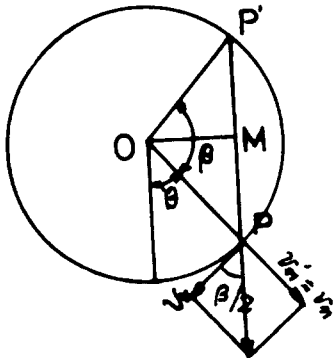


Fig. 4. Tangential velocity

에서의 垂直速度 v_{n3} 는

$$v_{n3} = \int_0^{2\pi} v_{n2} d\beta = \int_0^{2\pi} \frac{q}{4\pi} d\beta = v_n - \bar{v}_n \quad (13)$$

원점 O 에 있는 point source에 의해 P 점에 誘發되는 垂直速度 v_{n4} 는 式(9)로부터

$$v_{n4} = \bar{v}_n \quad (14)$$

이다. 그러므로 원점 O 에 있는 point source와 원주상의 line source에 의해서 P 점에 誘發되는 圓周上の 垂直速度는 式(13),(14)로부터

$$v_{n3} + v_{n4} = v_n \quad (15)$$

이 된다.

이것은 ω -plane上的 境界條件을 만족하는 解가 되고 이것을 ζ -plane上에 置換하면 式(1)의 解가 된다.

單位圓周上の 接線速度 v_t 는 圓周上の 다른점 P' 에 있는 line source에 의해서 誘導되는 速度의 接線方向의 成分을 圓周上에 따라 積分한 것이므로

$$\begin{aligned} v_t &= \int_0^{2\pi} v_{n1} \cos(\beta/2) d\beta = \int_0^{2\pi} (q/2\pi \overline{PP'}) \cos(\beta/2) d\beta \\ &= \int_0^{2\pi} (1/4\pi)(q/\overline{PM}) \cos(\beta/2) d\beta \\ &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} (q/r \sin(\beta/2)) \cos(\beta/2) d\beta \\ &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} q \cot(\beta/2) d\beta \end{aligned} \quad (16)$$

가 된다.

지금 圓周上에서의 接線速度 v_t 가 알려진다면, 船體 斷面上의 接線速度 V_t 는 式(7),(9),(10),(16)으로부터 다음과 같이 된다.

$$V_t = \frac{1}{\left| \frac{d\zeta}{dw} \right|} v_t = -\frac{1}{4\pi \left| \frac{d\zeta}{dw} \right|} \int_0^{2\pi} q \cot(\beta/2) d\beta \quad (17)$$

式(12)에 의해서 船體의 各 斷面上의 接線速度 V_t 가 計算되면 船體線圖上の 流線의 方向을 간단히 그릴 수 있다. 즉 Fig. 5에서와 같이 P 점에서 肋骨線에 法線을 긋고 다음 단면의 肋骨線과의 交點에서 그림과 같은 點 R 을 구하여 P 와 R 을 연결하면 이것이 流線의 方向이 된다.

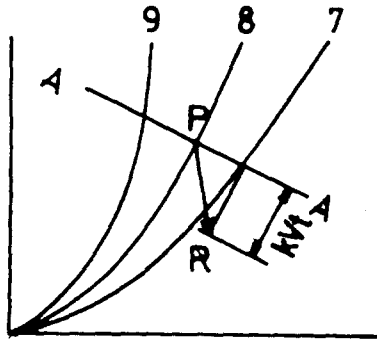


Fig. 5. Direction of streamline

여기서, $k = \frac{\text{縱線의 間격}}{U}$

2-3 Chine 型의 流線計算 理論

Fig. 6의 w -plane 上의 원점을 중심으로 한 單位圓 및 그 外域을 ζ -plane 上의 多角形 및 그 外域에 等角寫像하는 基礎變換式은 Watanabe⁴⁾로부터 다음과 같다.

$$\frac{d\zeta}{dw} = M \left(1 - \frac{w_A}{w}\right)^r \left(1 - \frac{w_B}{w}\right)^s \left(1 - \frac{w_C}{w}\right)^t \dots \left(1 - \frac{w_M}{w}\right)^q \quad (18)$$

여기서
 $\zeta = y + iz$
 $w = \zeta + i\eta = e^\alpha e^{i\theta}$

M : scale ratio

r, s, t, ... ; π 의 배수 (Fig. 6 參照)

$2\alpha \geq 0$ 또 多角形의 꼭지점 A, B, C, ... 는 單位圓周上의 A', B', C', ... 에 對應하며 ζ -plane 上의 θ 는 w -plane 上의 θ 에, 點 II 는 點 P 에 對應한다.

이 變換에서는 다음과 같은 條件들이 必要하다.

(1) 多角形이 항상 凸形이 되기 위해서는

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

(2) w_A, w_B, w_C, \dots 는 A', B', C', ... 點들이 항상 單位圓周上에 있기 위해서는

$$|w_A| = |w_B| = |w_C| = \dots = 1$$

(3) 多角形 外角의 合은 2π 이므로

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

인 條件이 必要하다.

式(18)를 써서 Fig. 6과 같은 single chine 斷面의 變換式을 유도해 보면⁹⁾

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

$$\frac{d\zeta}{dw} = M \left(1 - \frac{w_A}{w}\right)^r \left(1 - \frac{w_B}{w}\right)^s \left(1 - \frac{w_C}{w}\right)^t \left(1 - \frac{w_D}{w}\right)^l \left(1 - \frac{w_X}{w}\right)^m \left(1 - \frac{w_Y}{w}\right)^n \left(1 - \frac{w_G}{w}\right)^p \left(1 - \frac{w_H}{w}\right)^q \quad (19)$$

斷面形狀은 Y, Z軸에 對하여 對稱인 多角形이므로

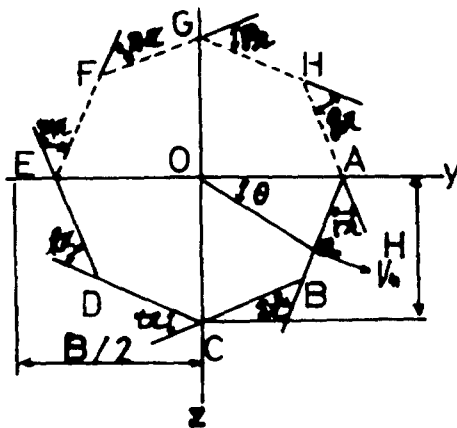
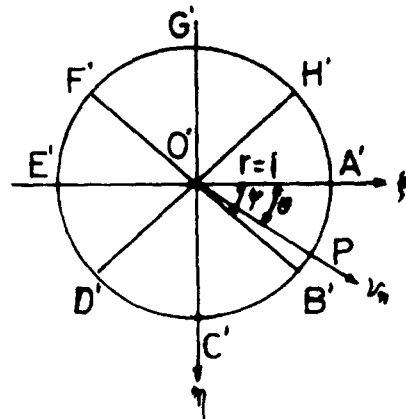


Fig. 6. Conformal mapping of single chine section into unit circle



$$r=m, t=p, s=1=n=q$$

인 관계가 成立하고 ω -plane 上의 單位圓의 Y,Z 軸上의 點들은

$$w_A'=1, w_E'=-1, w_C'=i, w_G'=i$$

이므로 式(19)는

$$\frac{d\zeta}{dw} = M \left[\left(1 - \frac{1}{w^2}\right) \left(1 + \frac{1}{w^2}\right) \left(1 - \frac{2\cos\phi}{w^2} + \frac{1}{w^4}\right) \right] \quad (20)$$

가 된다. 이를 급수전개 하기 위하여 $1/w^2=X$ 라 놓으면 式(20)는

$$\frac{d\zeta}{dw} = M \left[(1-X)^r (1+X)^r (1-2X\cos 2\phi + X^2)^r \right] \quad (21)$$

여기서 편의상

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

라 놓으면 式(21)은

$$\frac{d\zeta}{dw} = M f_1(X) f_2(X) \quad (22)$$

이 되고, $f_1(X), f_2(X)$ 를 각각 Maclaurin 展開하면

$$\begin{aligned} f_1(X) &= 1 + \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m X^m \\ f_2(X) &= 1 + \sum_{m=1}^{\infty} \beta_m X^m \end{aligned}$$

여기서

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \frac{f_1^{(n)}}{n!} = \frac{1}{n!} (u_1^{(n)}(0) + nC_1 u_1^{(n-1)}(0) v_1^{(1)}(0) \\ &\quad + nC_2 u_1^{(n-2)}(0) v_1^{(2)}(0) \dots + nC_{n-1} u_1^{(1)}(0) v_1^{(n-1)}(0) + v_1^{(n)}(0)) \\ \beta_n &= \frac{f_2^{(n)}}{n!} = \frac{1}{n!} (u_2^{(n)}(0) + nC_1 u_2^{(n-1)}(0) v_2^{(1)}(0) \\ &\quad + nC_2 u_2^{(n-2)}(0) v_2^{(2)}(0) \dots + nC_{n-1} u_2^{(1)}(0) v_2^{(n-1)}(0) + v_2^{(n)}(0)) \end{aligned} \quad (23)$$

고로 式(23)은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{d\zeta}{dw} &= M \left[1 + \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m -i \beta_m X^m \right] \\ &= M \left[1 + \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m -i \beta_m w^{-2m} \right] \\ &= M \left[1 + \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m w^{-2m} \right] \end{aligned} \quad (24)$$

여기서

$$\begin{aligned} n-i &\geq 0, i=0,1,2,3,\dots \\ a_n &= \alpha_n -i \beta_n \\ \alpha_0 &= \beta_0 = 1 \end{aligned}$$

이것을 w 에 關해서 적분하면 single chine型船 斷面의 寫像函數 ζ 를 얻게 된다.

$$\begin{aligned} \zeta &= M \left[w + \sum_{m=1}^{\infty} \alpha_m -i \beta_m \frac{-1}{2n-1} w - (2n-1) \right] \\ &= M \left[w + \sum_{m=1}^{\infty} b_{2n-1} w^{-(2n-1)} \right] \end{aligned} \quad (25)$$

여기서,

$$b_{2n-1} = \frac{-1}{2n-1} \alpha_n -i \beta_n$$

또는

$$\begin{aligned} y &= M \left[e^{\alpha} \cos\theta + \sum_{m=1}^{\infty} b_{2n-1} e^{-(2n-1)m\theta} \cos(2n-1)\theta \right] \\ z &= M \left[e^{\alpha} \sin\alpha - \sum_{m=1}^{\infty} b_{2n-1} e^{-(2n-1)m\theta} \sin(2n-1)\theta \right] \end{aligned} \quad (26)$$

사상함수가 決定된 후의 解法은 다음과 같다. 지금 Fig. 6의 單位圓周上의 點 P에서의 垂直速度를 v_n 이라 하면

$$v_n = \overline{v_n} \left| \frac{d\zeta}{dw} \right|$$

이므로

$$v_n = \overline{v_n} \sqrt{\left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta)\right)^2 + \left(\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta)\right)^2} \quad (27)$$

이 되고

$$v_n = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{(1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta))^2 + (\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta))^2} d\theta \quad (28)$$

이고 圓周上에서의 接線速度는

$$v_t = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} q \cot(\beta/2) d\beta$$

이므로 對應하는 船體斷面의 肋骨線上에서의 接線速度 V_t 는

$$V_t = \frac{1}{2\pi \sqrt{(1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta))^2 + (\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta))^2}} \times \int_0^{2\pi} [V_n \sqrt{(1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n(\theta + \beta))^2 + (\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n(\theta + \beta))^2)} - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_n \sqrt{(1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2n\theta))^2 + (\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2n\theta))^2} d\theta] \cot(\beta/2) d\beta \quad (29)$$

3. 試 算

3-1 供試船型

Single chine型 供試船型으로는 DTMB Series

Table 1. Particulars of single chine form

Particulars	Model
A_P, f_t	12.800
L_P, f_t	8.000
B_P, f_t	1.600
B_{PX}, f_t	1.956
L_P/B_{PA}	1.25
L_P/B_{PX}	5.00
B_{PX}/B_{PA}	4.09
B_{PT}/B_{PX}	1.22
Centroid of AP, % LP fwd of transom	0.64
angle of a - b chine in plan view, deg	48.8
Half - angle of waterline entrance, deg	5.0

Table 2. Particulars of single chine form

station \ particulars	3	4	5	6	7	8	9	10
$r\pi$	36.40°	35.05°	34.00°	33.00°	33.00°	33.00°	33.00°	33.00°
$s\pi$	55.50°	57.50°	58.50°	61.00°	61.00°	61.00°	61.00°	61.00°
$t\pi$	32.60°	29.50°	29.00°	25.00°	25.00°	25.00°	25.00°	25.00°
B/2H	2.377	2.434	2.420	2.353	2.162	1.988	1.710	1.648
ϕ	21.43°	23.10°	23.47°	26.94°	29.06°	31.15°	34.71°	35.62°

62,4667-1⁷⁾을 擇하였다. 또한 이 供試船型의 主 要 數 據는 Table 1과 같다.

3-2 Single chine 型船의 試算

本稿에서는 後술하는 實驗결과와 比較하기 爲 供試船型으로서 Series 62 4667-1에 關하여 實船 計算한 것을¹⁰⁾ 인용하였으며 이 供試船型의 초기 特性値는 Table 2와 같다.

各 斷面의 特性置 $r, s, t, B/H$ 에서 ϕ 의 變化에 따른 B/H 의 關係도는 Fig. 7과 같으며 이와 같은 關係로부터 single chine型船의 초기 特性치 $r, s, t, B/H$ 와 그들 값에 따른 ϕ 값이 決定되면 係數 $a_1 \sim a_n$ 을 計算할 수 있다.

이와같은 計算을 遂行하여 速度 vector를 求해 본 結果는 Fig 8, 9의 圖表(→)와 같으며 流線을 推定해 본 結果는 點線(.....)과 같다.

4. 實 驗

4-1 供試船型

船體周圍의 流線을 oil color에 의한 方法으로 觀

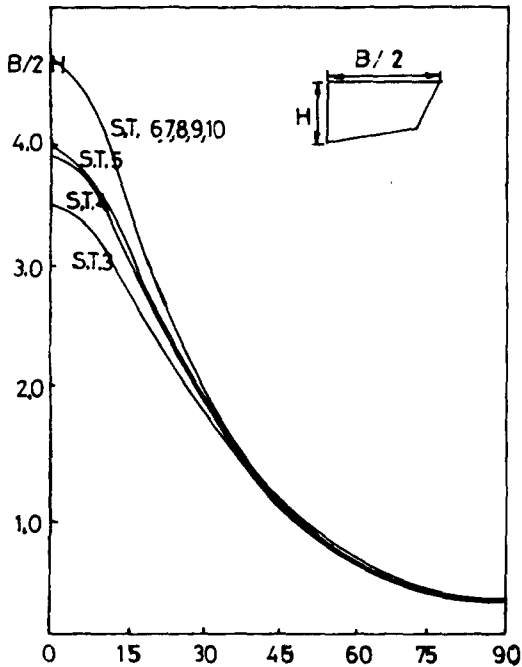


Fig. 7. Relation between $B/2H$ and ϕ for single chine

察하여 이것과 유선계산 結果를 比較할 目的으로 single chine型船으로는 DTMB Series 62,4667 - 1⁷⁾을 擇하여 模型船을 製作하였다.

이 模型船들의 材料는 피나무를 使用하였으며 表面은 sand paper CC - 180CW를 使用하여 가공하여 에나멜 paint를 도포하여 마무리 加工을 하였다.

供試船型으로 擇한 模型船의 尺寸은 길이 244Cm, 폭 59.6Cm, 깊이 28.9Cm이며, 模型船의 寫眞은 Photo 1에 表示하였다.

4-2 實驗裝置 및 狀態

實驗은 仁荷大學校 船型試驗水槽¹⁰⁾에서 유성 wax를 使用하여 먼지나 때를 깨끗이 닦아내고 Photo 1과 같이 oil color를 도포하고 이들을 Photo 2와 같이 모형예인차에 裝置하여 船船의 進行方向으로 예인한 후 예인차로부터 떼어내어 觀측 촬영하였다. Oil color의 混合物 配合 比率는 速度에 따라 달리하여 예비실험을 실시하여 가장 적절한 比率를 擇하였다. 速度에 따른 混合比率(체적 비율)은 Table 3과 같다.

5. 實驗結果 및 考察

實驗은 船體周圍의 흐름이 어떠한 양상과 性質

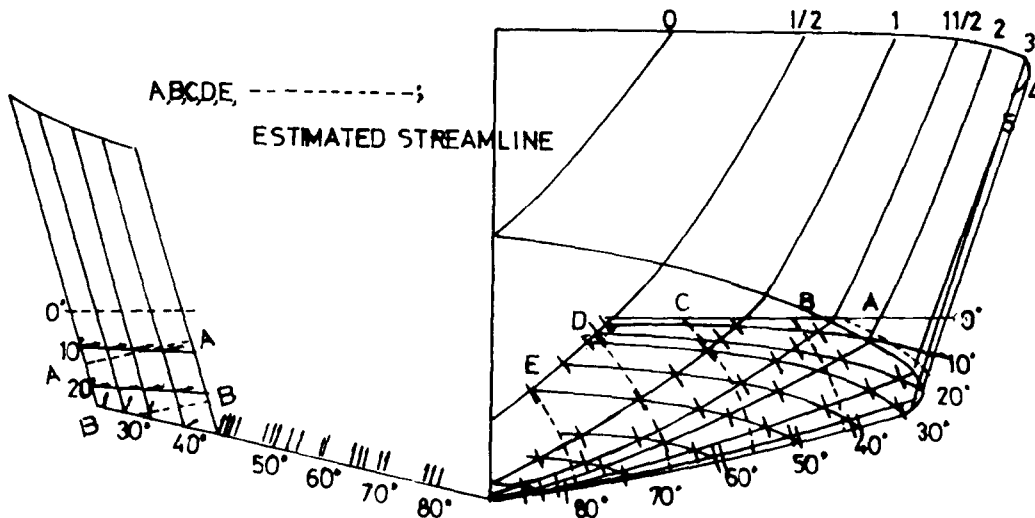


Fig. 8. Streamlines for single chine form.

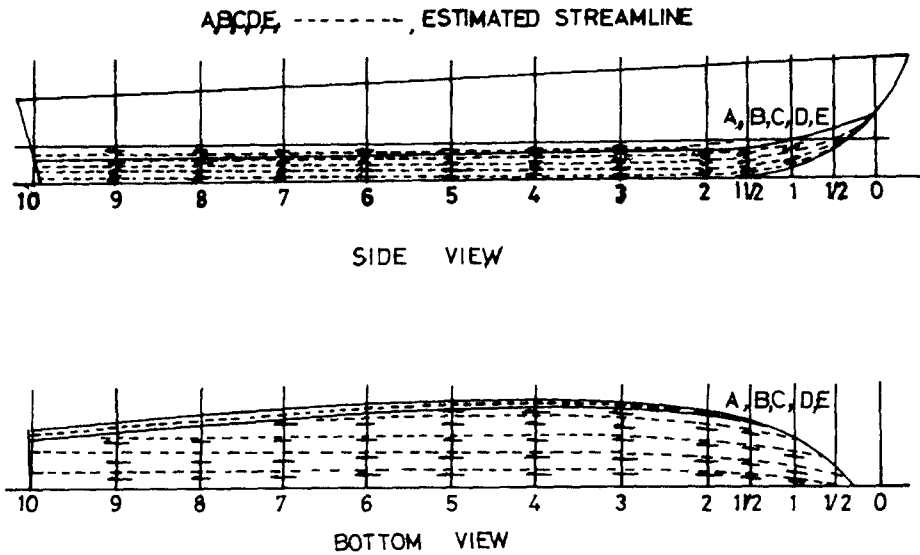


Fig 9. Streamlines for single chine form in bottom and side view

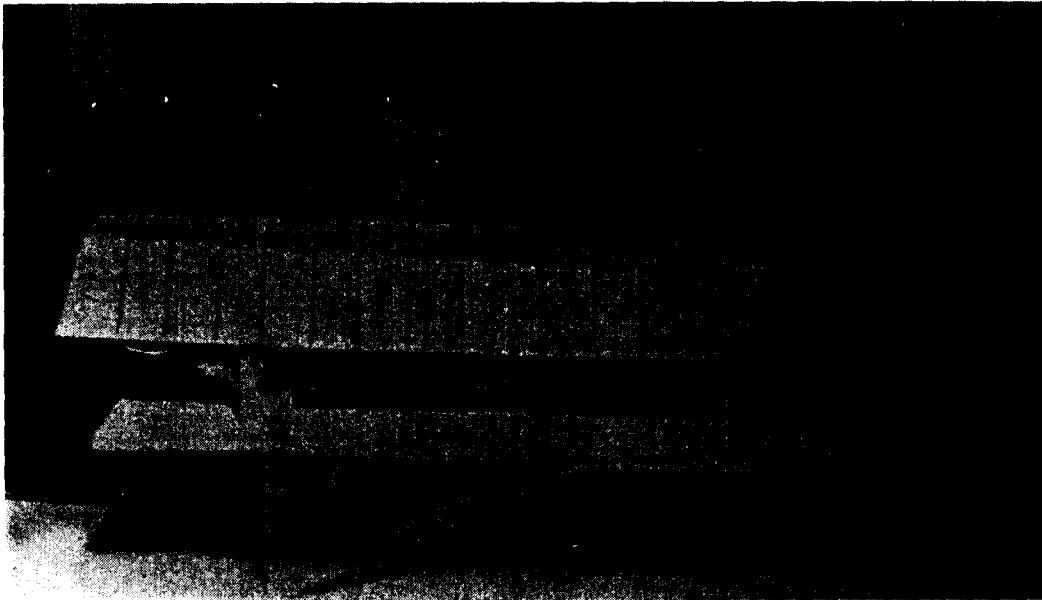


Photo 1. Model(single chine form ; oil color painted)

을 갖고 있는가를 파악해 보고 아울러 앞에서의 理論的인 推定法이 어느정도 유용한가를 알아보려고 실시하였다.

供試船型의 流線觀測結果 寫眞은 Photo 3~6과 같으며 實驗結果寫眞으로 부터 다음과 같은 것들을 推定할 수 있다.

1/2St.에서 chine line을 교차하는 流線이 나타나고, 4 1/2St.에서 다시 chine line을 교차하는 流線이 存在하는 것으로 보이고, 그 사이에 반달형의 구간이 水面 밖으로 노출되는 것으로 나타난다.

이와같이 Bottom에서의 노출구간은, 선속에 따른 조사를 해 보면 선형파와 관계가 깊고 이로 이

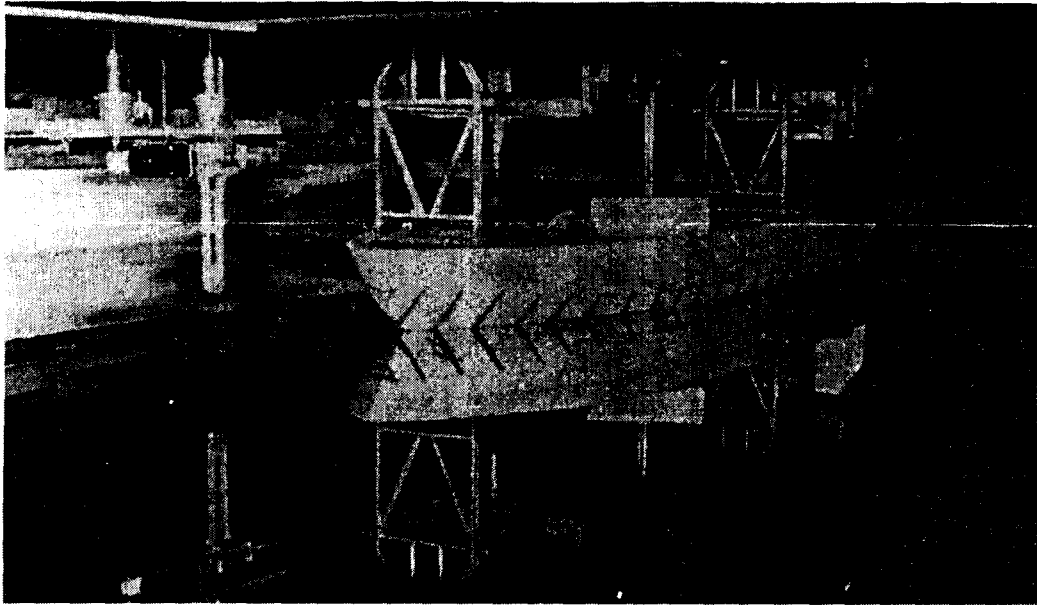


Photo 2. Instollation model

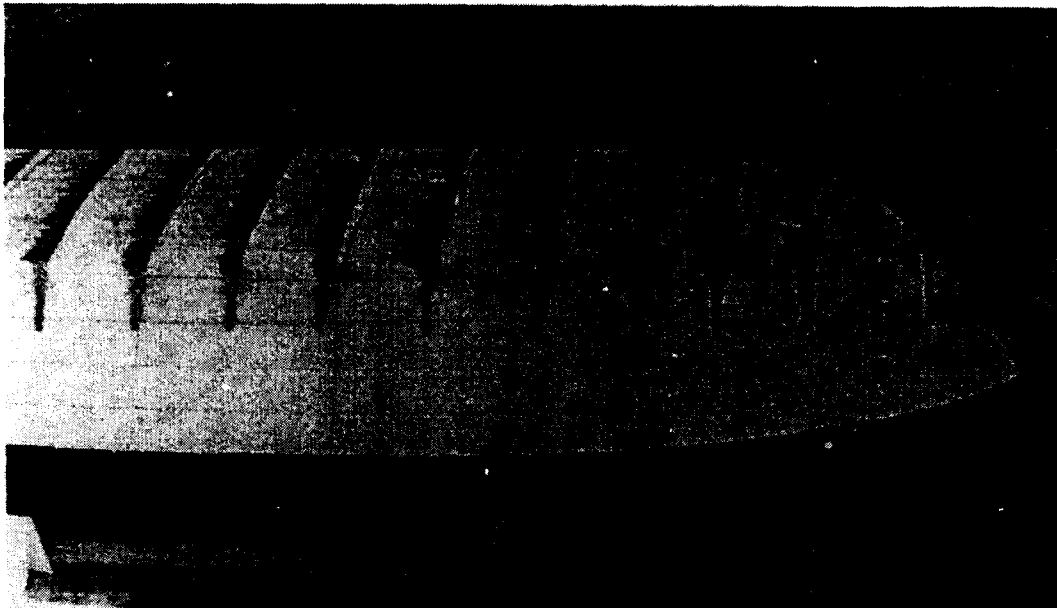


Photo 3. Patterns of streamline for single chine form(side view in bow)

Table 3. Experimental condition

선 형	속도(m/s)	oil color	paint	wax	trim계 측치
Single chine	1.0~1.5	4	5	10	$d_f = 10.26\text{cm}$
	1.5~2.5	5	10	10	$d_a = 10.64\text{cm}$

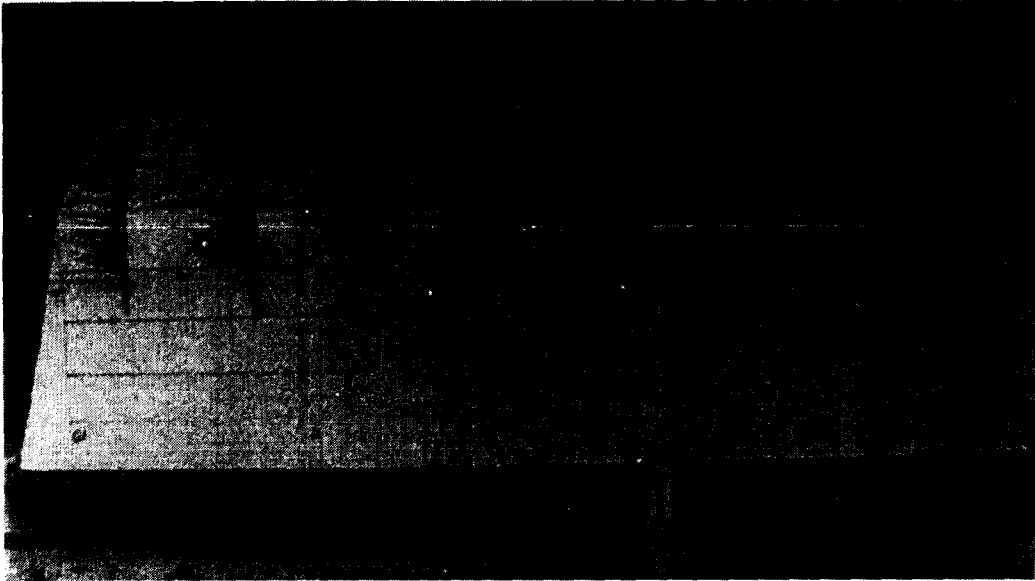


Photo 4. Patterns of streamline for single chine form (side view in stern)

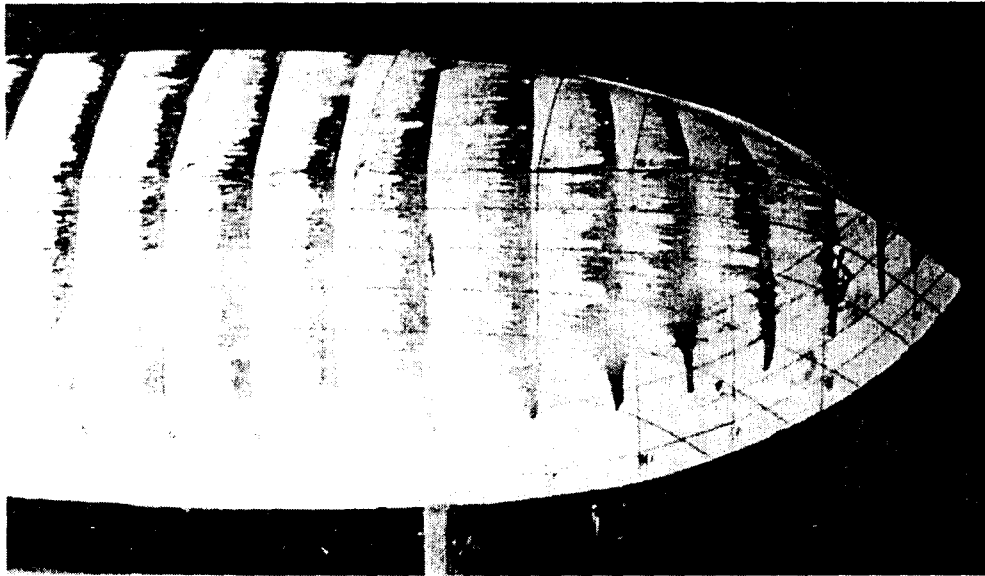


Photo 5. Patterns of streamline for single chine form (bottom view in bow)

한여 bilge vortex의 발생 상황이 달라지는 것이 나타나나, 선수파로 인한 선수부의 流線變化를 제외하면 船底部 거의 대부분에서 速度의 影響은 별로 나타나지 않는다.

4 1/2 St. 이후는 chine line을 교차하는 流線이 vortex를 形成하여 chine line이 separation line

과 일치하는 것으로 나타난다.

Bottom에서, ㄷ쪽에서 流線이 ㄷ에 거의 平行하나 chine line쪽으로 갈수록, 船尾쪽으로 갈수록 다소 넓어지고 있으며, 이는 ㄷ쪽에서는 Buttock line 두께가 상대적으로 작고 chine쪽에서는 상대적으로 넓어지는 현상과 일치되는 結果로 판단된다.

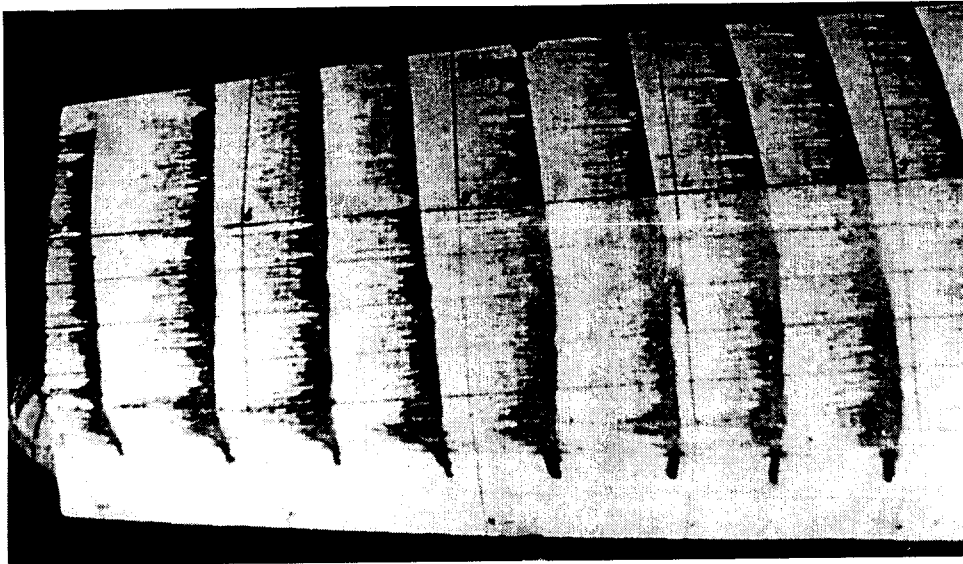


Photo 6. Patterns of streamline for single chine form(bottom view in stern)

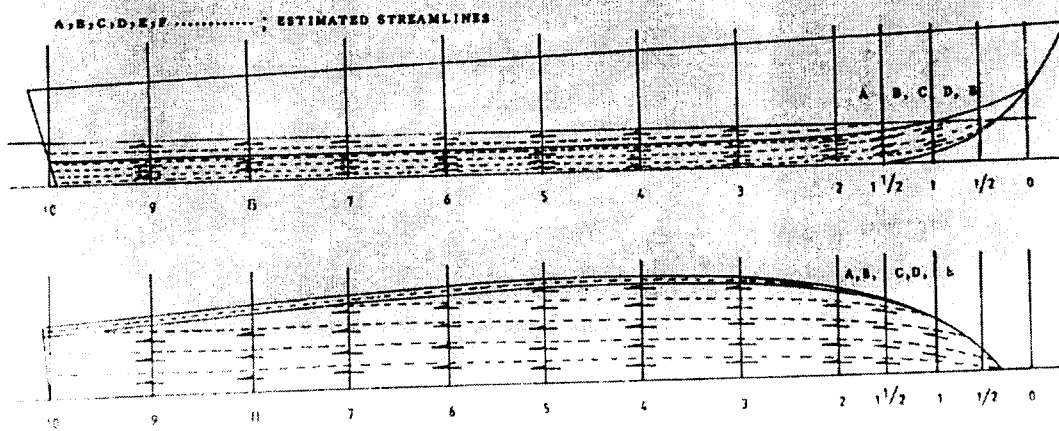
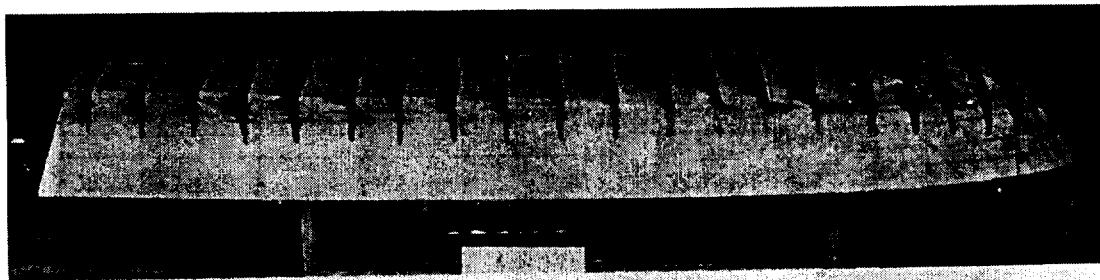


Fig. 10. Comparison of streamlines for single chine form

Chine line 에서의 vortex發生은 船尾로 갈수록
뚜렷해지며, vortex가 점차 커지는 것으로 보인다.

그리고 본 實驗의 結果로서 spray zone이 存在
하는 것으로 보여지는 것은 여러곳에서 발견되고

있으나, 正確한 위치와 영역을 결정하는 것은 이 방법으로서 어렵다고 판단된다.

이상의 實驗結果로 부터 chine型 船型에 對한 separation현상과 이것에 依해 생기는 vortex의 發生은 알 수 있었지만, vortex의 發生 mechanism과 생성과정, vortex resistance의 確認등은 본 實驗으로는 알 수 없었다.

理論的인 方法에 依한 流線推定 結果를 實驗値와 比較해 보기 위하여 Photo 3~6과 Fig. 9를 比較한 Fig. 10을 檢討해 보면 寫眞解析의 미흡이 있기는 하나 다음과 같은 경향을 볼 수 있다.

Chine部 이상에서 대체로 상이한 모양을 보이고 있으며, chine部 이하에서는 선형과의 影響으로 기인된다고 推測되는 2 1/2St.~4 1/2St.사이의 chine쪽 반달형 구간을 제외하면 推定値와 實驗値는 같은 모양을 보이고 있다. 底面流線을 比較해 보면 船尾쪽으로 갈수록 實驗値는 流線의 간격이 chine line쪽으로 다소 벌어지고 있으나 推定値는 그 현상이 實驗値보다 다소 작은 것 같았다.

이상의 結果를 종합해 보면 水面의 影響을 받지 않는 곳에서의 流線의 모양은 推定置와 實驗値가 대체로 같은 형상을 보이고 있음을 알 수 있다.(일부 구간은 제외)

6. 結 論

本 研究에서 行한 實驗의 範圍안에서 아래와 같은 것을 알 수 있었다.

1. Single chine 型船에서 4 1/2St. 이후는 chine line 을 교차하는 流線이 vortex를 형성하며 chine line 이 separation line 과 일치한다.

2. Single chine 型船에서의 vortex發生은 船尾로 갈수록 뚜렷해지며 vortex가 점점 커진다.

3. Watanabe의 基礎變換式을 使用하면 chine

型船에 對한 近似的인 流線推定을 할 수 있다.

4. Chine型船에 對한 理論的 流線推定法은 水面의 影響을 받지 않는 곳에서는 대체로 實驗値와 유사한 모양을 갖는다.

參考文獻

- 1) Inui : "Study on Wave Resistance of Ship" 60th Anniversary Series, Soc. JSNA, Vol. 2, 1957.
- 2) Hess and Smith. A.M.O. : "Calculation of Non - Lifting Potential Flow about Arbitrary 3 Dimensional Bodies", Journal of Ship Research Vol. 2, 1964.
- 3) Guilloton : "Stream line on fine Hulls", RINA 1948.
- 4) Tatsuo, Jinnaka, "On the Stream line around a Ship's Hull", Trans. The Society of naval Architects of Japan.1967.
- 5) F. M. Lewis : "The Inertia of Water Surrounding Vibration Ship", Trans. The Society of Naval Architects and Marine Engineers Vol. 37, 1929.
- 6) Watanabe : "On the Apparent Moment of Inertia of Ship in free Rolling : ,Trans. The Society of Naval Architectures of Japan, No. 52, 1935.
- 7) 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.
- 8) "Model Test with 3200 DWT Product Carrier", The Ship Research Institute of Norway, 1976.
- 9) K. J. Cho : "On the Towing Tank of Inha University" The Society of Naval Architects of Korea, Vol. 10, No. 2, 1973.
- 10) C. W. Park : "A Study on the Streamline Calculation around a Ship's Hull", The Society of Naval Architects of Korea, Vol. 4, No. 2, 1977.