

流線追跡法에 의한 球狀船首船型の 計劃 및 造波效果

洪 性 完 *

Design and Wavemaking Effect of Bulbous Bow Ship by Stream Line Tracing Method

by

S. W. Hong *

Abstract

This paper deals with a problem for determining the bulbous bow ship from which pertains to the study of the theoretical ship form planning method.

In this paper has been determined the bulbous bow ship form which is a similiar in geometric particulars with the conventional liner ship G.T. 10,000 by adopting the variable method for finding the optimum ship form by A.Y.C. Lee and the streamline tracing method by T. Inui and P. C. Pien. Each resistance performance is examined by the towing test and is compared with one another.

The followings are the outcome of this study:

Among the 5 type models, the bulbous bow ship form M.S. B 1120 is the most excellent for the resistance performance.

The effect for the wave resistance is very sharp according to the difference of the bottom flattening of theoretical ship form.

The optimum value of the bulbous bow for wave resistance can be obtained by the variable method mentioned above, and for the series of (Main hull:Bulb)opt., $\alpha=75/25$, the value is $f \approx 0.11$.

記 號

T_0 : 特異點 分布의 吃水方向의 分布 깊이

t_0 : $2T_0/L$

F_n : Froude 수

R_n : Reynolds 수

γ_S : 主船側 湧出點系의 分布面.

γ_B : 船底複湧出點系의 分布面.

$\bar{\gamma}_B$: 船底複湧出點系의 分布面의 平均

Γ : 排水量 容積

Γ_F : 前半部 船體의 排水量 容積

Γ_0 : A_m 에 對應하는 變分副條件

Γ_1 : Γ_F 에 對應하는 變分副條件

C_{F0} : 對應平板의 摩擦抵抗係數

C_V : 粘性抵抗係數

C_{PF} : 前半部 船體의 C_P

C_{PA} : 後半部 船體의 C_P

A_m : 中央橫斷面積

A_{FP} : 前部垂線 橫斷面積

A_S : A_{FP} 에 對한 V.L.S.의 기여

A_D : A_{FP} 에 對한 V.L.D.의 기여

N_S : A_S 에 對應하는 變分 副條件

N_D : A_D 에 對應하는 變分 副條件

1. 序 論

球狀船首 船型의 歷史는 19世紀 初葉까지 거슬러 올라 간다고 하나, 實質的인 研究는 역시 D.W. Taylor로부터 시작 되었다고 한다[1]. 그後 Wigley, Weiblum 등의 研究를 거쳐 1960年 頃, T. Inui 및 T. Takeuchi [2] 等에 이르러 비로서 球狀船首 船型의 造波機構의 本質이 解明되었고, 電子計算機 使用이 普通化됨에 따라 流線追跡法에 의한 船型計劃法이 實際船型 設計에 多大한 기여를 하게 되었으며, 現在에는 各種

* 正會員: 仁荷大學校 工科大學

型에 球狀船首가 採用되어 널리 實用되고 있다. 이러한 現實을 감안하면, 우리도 本計劃法을 시급히 實用化해야 할 必要性을 切實히 느끼게 된다.

本報는 流線追跡法에 의한 船型計劃法의 具體化를 위한 연구의 일환으로서, 球狀船首 船型을 對象으로 하여, 주로 球狀船首 船型計劃法과 計劃過程에 필요한 制계산기구 整備와 計劃過程 및 實用化過程에서 부딪치게 되는 實際問題들을 取扱하였고, 計劃된 船型들의 造波抵抗性能을 實驗적으로 比較 考察하였다.

實際적으로는 T. Inui 및 P.C. Pien의 流線追跡法[4] [13]과 A.Y.C. Lee의 最適船型決定을 위한 變分法[7]을 採用하여 計劃過程의 制계산 기구를 整備하였고, 이 計劃法에 의하여 10,000 G.T.級 기준 liner船型和 幾何學的諸元이 같은 球狀船首 船型을 決定하여, 仁荷大學校 船型試驗水槽에서 抵抗試驗을 遂行하였다.

普通船首船型에 관한 것은 文獻 [9][10]에 이미 發表되었고, 本計劃法에 必要한 制계산 기구의 상세한 대응도 과학기술처 연구 보고서 R-71-43, 과 R-72-12 에 보고된바 있으므로 本報에서는 이 文獻內容과 중복되는 說明은 가급적 피하기로 하였다.

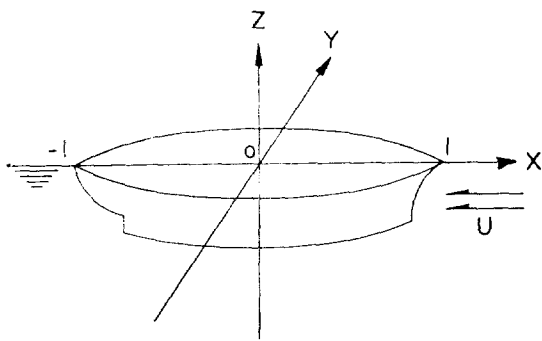


Fig. 1 Coordinate system

2. 造波機構

座標系를 Fig. 1과 같이 잡고, 船體周圍의 流體는 非粘性, 非壓縮性, 均質 理想流體이고, 流動은 非回轉的이며, 波高는 波長에 비해 微小하다고 假定하면, 船體에 의한 攪亂運動의 速度포텐셜(Velocity potential) ϕ 가 만족해야할 自由表面의 線型境界條件은 다음과같이 表示된다.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + K_0 \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0, \quad (z=0) \quad (2.1)$$

여기서 $K_0 = g/U^2$

線型境界條件 (2.1)式을 만족하는 均一流動中에 놓인 單一湧出點 (point source) $m(\xi_0, \gamma_0, \zeta_0)$ 에 의한 船體後續自由波高는

$$\zeta_{p,s} \approx \frac{mK_0 l}{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sec^3 \theta \cdot \exp(K_0 l \zeta_0 \sec^2 \theta) \cdot \cos(K_0 l w \sec^2 \theta) d\theta \quad (2.2)$$

여기서 $w : (\xi - \xi_0) \cos \theta + (\gamma - \gamma_0) \sin \theta$

θ : 素成波의 進行方向과 x 軸이 이루는 角度

l : 배의 길이와 반 ($L/2$)

$m : l^2 U$ 로 無次元化한 湧出點의 세기 ($\sigma/l^2 U$)

$\xi_0, \gamma_0, \zeta_0, \xi, \gamma, \zeta : l$ 로 無次元化한 特異點 分布 및 觀察點의 座標

ζ_{ps} : 湧出點에 의한 波高를 L 로 無次元化한 값으로 表示되고, 一定速度 U 로 航走하는 船體의 後續自由波高는 一般的으로 다음과 같이 表示되며

$$\zeta_s \approx \int_{-\pi/2}^{\pi/2} S(\theta) \cdot \sin(K_0 l w \sec^2 \theta) d\theta + \int_{-\pi/2}^{\pi/2} C(\theta) \cdot \cos(K_0 l w \sec^2 \theta) d\theta \quad (2.3)$$

여기서 ζ_s 는 船體에 의한 波高를 L 로 無次元化한 값이고, $S(\theta)$ 및 $C(\theta)$ 는 \sin 및 \cos 波成分의 無次元振幅函數 (amplitude function)이다.

Havelock [3]에 의한 造波抵抗式은

$$R_w = \frac{\pi}{2} \rho L^2 U^2 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [\{S(\theta)\}^2 + \{C(\theta)\}^2] \cdot \cos^3 \theta d\theta \quad (2.4)$$

或은 重率振幅函數(weighted amplitude function)

$$\left. \begin{aligned} S^*(\theta) &= S(\theta) \cdot \cos^{\frac{3}{2}} \theta \\ C^*(\theta) &= C(\theta) \cdot \cos^{\frac{3}{2}} \theta \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

를 使用하여 簡單化하면

$$R_w = \frac{\pi}{2} \rho L^2 U^2 \int_{-\pi/2}^{\pi/2} [\{S^*(\theta)\}^2 + \{C^*(\theta)\}^2] d\theta \quad (2.6)$$

와 같이 表示된다.

船體가 이끄는 여러 波系中에서 船首波系는 粘性의 影響이 없으므로 理論의 적용이 용이하고, 또한 造波抵抗值의 크기를 直接적으로 支配한다. 그러므로 半船體의 概念(half body concept)[4]에 따라 船體를 中央에서 2分하여 前半部船體의 形狀과 이것이 이끄는 後續自由波間의 關係에만 注目한다.

Havelock의 造波抵抗式 (2.4)式에 의한 船首波에 의한 造波抵抗係數는

$$C_w = R_w / \frac{1}{2} \rho L^2 U^2 = 2\pi \int_0^{\pi/2} [\{S(\theta)\}^2 + \{C(\theta)\}^2] \cos^3 \theta d\theta \quad (2.7)$$

와 같이 表示할 수 있다.

(2.7)式에 의한 船首波에 의한 造波抵抗係數 C_w 의 極少化는 바로 船首波의 振幅函數의 極少化에 對應되며, 振幅函數를 極少化시키기 위해서는 다음과 같은 몇가지 方法을 생각할 수 있다.

첫째는 主船體의 船首自由波 自體를 直接 極少化시

키는 方法이고, 둘째는 主船體의 船首自由波와 位相이 正反對인 自由波를 이르게서 主船體의 船首自由波를 減殺시키는 역할을 하게될 物體를 船首部에 附加시키 주는 方法이고, 셋째는 上記한 方法을 함께 採用하는 方法이다. 따라서 첫째 方法에 依하면 普通船首 最適船型 (normal bow optimum ship)을 決定할 수 있고, 둘째 및 셋째 方法에 依하면 球狀船首 最適船型 (bulbous bow optimum ship)을 얻을 수 있게 될 것이다.

Wigley[5], Inui [2] 등은 主船體가 이르게는 船首自由波는 一般의인 速度 범위 내에서는 \cos 波成分의 영향은 비교적 輕微하고, 主로 $+\sin$ 의 位相을 갖는다는 事實과, 均一流動中에 놓인 複湧出點 (point doublet)은 流體力學의 對應半徑의 球와 等價하게 取扱되며, 複湧出點이 이르게는 自由波는 $-\sin$ 의 位相을 갖는다 [6]는 事實에 着眼하고, 船首自由波의 極少化를 위한 球狀船首型 (point bulb ship)을 計劃하여 球狀船首型의 序章을 장식 하였다.

이 개념을 더욱 擴張 適用하여 $+\cos$ 波를 이르게는 湧出點 (point source)를 船首部에 더 附加시키면, 主船體의 $-\cos$ 波까지도 極少化시킬 수 있을 것이다. 엄격히 따지면 湧出點은 閉曲面을 形成할 수 없으므로 船體容積의 증가현상을 비롯하여 船尾部에 미치는 새로운 영향들을 고려해 주어야 한다. 그러나 複湧出點系만을 船首部에 附加하였을 때에 이리나게 되는 主船體와 球狀船首와의 接合部 水線의 不連續性을 완화시켜주는 效果를 증시하여, 球狀船首用 對應特異點系로는 複湧出點成分과 湧出點成分의 混合特異點系를 使用하는 것이 普通이다.

이상과 같은 球狀船首型의 造波機構를 간단히 表示하면 다음과 같다 [7].

球狀船首에 對應되는 複湧出點과 湧出點의 自由波의 無次元 振中函數를 各各 $D(\theta)$, $M(\theta)$ 로 表示하면, 球狀船首型에 對한 船首波의 造波抵抗係數는

$$C_w \approx 2\pi \int_0^{\pi/2} \{ [S(\theta) + D(\theta)]^2 + [C(\theta) + M(\theta)]^2 \} \cos^3 \theta d\theta \quad (2.8)$$

와 같이 表示된다. 여기서 $D(\theta) < 0$, $M(\theta) > 0$ 이므로, 消波效果를 얻기 위한 必要條件은 主船體의 自由波의 各成分의 振幅函數가 各各 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ 에서 $S(\theta) > 0$, $C(\theta) < 0$ 이어야 하고, 이 條件이 만족되면

$$\left. \begin{aligned} [S(\theta) + D(\theta)] &\rightarrow 0 \\ [C(\theta) + M(\theta)] &\rightarrow 0 \end{aligned} \right\}, \quad (0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}) \quad (2.9)$$

와 같이 이系の 全振幅函數가 주어진 條件下에서 極少가 되는 球狀船首型에 等價한 對應特異點系를 결정하여, 이 特異點系의 流線을 追跡하면 所期의 線형을 얻을 수 있다.

一般의으로 球狀船首에 對應되는 特異點系로는 單一湧出點과 複湧出點 뿐만 아니라, 鉛直線分布湧出點系

(vertical line source; V.L.S.)와 複湧出點系 (vertical line doublet; V.L.D.)도 使用되며, 後者의 理論的 消波效果가 前者보다 더 우수한 것으로 알려져 있다 [8].

本報에서는 後者만을 取扱하였다.

3. 計劃法

最適球狀船首型의 計劃過程은 다음과 같다.

먼저 主船體와 球狀船首에 對應하는 各特異點系를 다음과 같이 適當項數의 多項式으로 表示하고, 主船體에 對應하는 特異點系 :

$$m(\zeta, \bar{\zeta}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m a_{ij} \zeta^i \bar{\zeta}^j \quad (3.1)$$

球狀船首에 對應하는 特異點系 :

$$\left. \begin{aligned} l_s(\zeta) &= \sum_{i=0}^k P_i \zeta^i \\ l_D(\zeta) &= \sum_{i=0}^k Q_i \zeta^i \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

文獻 [9]에 表示된 바와 같이, 全特異點系에 依한 造波抵抗係數式이 Lagrange의 乘數法을 적용하되, 變分副條件을 適切히 選定하여 變分하면 所期船型에 對應하는 各特異點系의 各項의 未定係數 a_{ij} , P_i 및 Q_i 를 決定할 수 있다.

여기의 變分副條件들은 주어진 船型의 幾何學의 特性들이므로, 實際計算에는 船型의 幾何學의 特性과 流體力學의 特性間의 相關值가 必要하게 된다. 本報에서는 主船體에 對해서는 文獻 [9]의 (2.55~2.57)式과 같은 相關關係를 使用하였고, 球狀船首에 對해서는 다음과 같은 關係를 使用 하였다.

$$\left. \begin{aligned} A_S: N_S &= \int_0^{l_0} l_s(\zeta) d\zeta \\ A_D: N_D &= \int_0^{l_0} l_D(\zeta) d\zeta \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

여기서 l_0 는 特異點系의 分布 깊이를 l 로 無次元化한 값 $2T_0/l$ 이고, N_S 와 N_D 는 球狀船首에 對應하는 各特異點系가 前部垂線斷面積에 기여하는 斷面積 A_S 와 A_D 에 對應되는 相關值이고, 첨자 S 와 D 는 湧出點成分과 複湧出點成分에 依한 것이라는 뜻을 表示한다.

이 相關值는 Michel 近似 [11]에 근거를 두고 있으며, 理論的 船型設計가 具體化되어 갈수록 더욱 높은 精度가 요청된다. 이 精度向上은 오직 不斷한 資料 축적으로서만 이루어 질 수 있다.

以上과 같은 變分結果로 얻어진 各特異點系를 流線 追跡하면 目的하는 바 理論船型을 얻을 수 있고, 다음은 平底化 및 實用化 作業이 남게될 뿐이다. 以上의 계산 과정 및 이 계산에 使用된 계산기구의 상세한 내용은 과학기술처 연구보고서 R-71-43 및 R-72-12에 보고될바 있다.

本報의 모든 計算은 한국과학기술연구소 전자계산실의 CDC 3300으로 遂行하였다.

4. 供試船型計劃

本報에서는 10,000 G.T. 級 기존 Liner 船型[12]을 供試船型計劃의 原型으로 삼고, M.S. A-00 라 命名한다. 原型 M.S. A-00 의 主要特性, 線圖, 船體橫斷面

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

Symbol	Contents	
L _{pp}	146.00	m
B	21.80	"
D	12.30	"
T	9.35	"
J	19,060	tons
∇	18,591.8933	m ³
V (trial)	20.7 kts	(F _n =0.282, K ₀ L=12.57)
V (sea)	18.0 "	(F _n =0.245, K ₀ L=16.67)
C _B	0.625	
C _F	0.635	
C _{FZ}	0.608	
C _{F4}	0.662	
A _m /L ²	9.38 × 10 ⁻³	
∇/(0.1L) ³	5.974	
F ₀	2.03 × 10 ⁻²	(equivalent to A _m)
F ₁	1.25 × 10 ⁻²	(" to ∇)
L/B	6.70	(B/L=0=0.1493)
L/T	15.62	(T/L=0.0640)
B/T	2.33	

積曲線 및 模型의 사진은 Table 1., Fig. 2, Fig. 3과 Photo. 1에 表示하였다.

理論船型計劃에 있어서는 半船體의 概念을 쫓아, 原型 M.S. A-00 의 幾何學的 諸元 B/L, A_m/(0.1L)²,

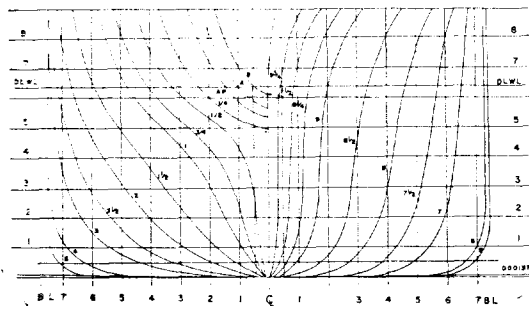


Fig. 2 Lines of M.S. A-00

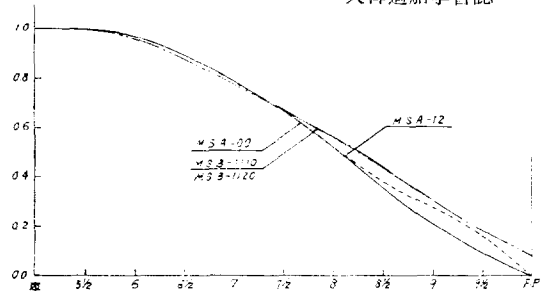


Fig. 3 C_p curves

∇_F/(0.1L)³ 등이 같다는 條件下에 造波抵抗이 極少한 最適前半部船體 選定을 目標하였다.

文獻[9] 에서와 같이 原型의 試驗速力 20.7 kts (F_n=0.282)를 計劃速力으로 잡았고, 理論船型의 平底化와 實用化를 容易하게 하기 위하여 Pienoid[13]을 採用하고, 船底複湧出點系 (bottom doublet; B.D.)를 附加하여 平底化를 企圖하였다.

主船體의 對應되는 特異點系로는 主船側湧出點系 (main side source; S.S.)

$$m(\xi) = \sum_{i=1}^4 a_i \xi^i, \quad (-1 \leq \xi \leq 1, t_0 \leq \zeta \leq 0) \quad (4.1)$$

을 使用하였고, 球狀船首에 對應되는 特異點系로는 球狀船首의 크기와 形狀을 容易하게 變化시킬 수 있고, 計算이 간편한 鉛直線分布湧出點系 (V.L.S.)와 複湧出點系 (V.L.D.)

$$\left. \begin{aligned} l_s(\zeta) &= P \zeta^2 \\ l_D(\zeta) &= Q \zeta^2 \end{aligned} \right\}, \quad (\xi=1, t_0 \leq \zeta \leq 0) \quad (4.2)$$

와의 混合系를 採用하여 前部垂線上에 分布시켰다.

理論船型을 實用화하기 위해서는 文獻[9]에서와 같은 方法으로 理論船型의 前半部船體와 原型의 後半部船體를 組合하여 적절한 線圖를 修正해 주므로써 實用船型을 決定하였다.

流線追跡法으로 最適船型을 計劃하는데는, 前述한 바와 같이

- (i) 主船體 自體를 最適化 한다.
- (ii) 주어진 主船體에 最適 球狀船首를 附加한다.
- (iii) 주어진 球狀船首에 對하여 主船體를 最適化한다.
- (iv) 球狀船首를 包含한 全船體를 最適化한다.

와 같은 4가지 方法을 생각 할 수 있다. 方法 (i)은 普通船首 最適船型計劃에 對應하는 것이고, 이 方法으로 計劃된 것이 A-系列船型[9]이고, M.S. A-12(前後 對稱 理論船型)와 M.S. A-1200(改良船型)의 計劃特性, 線圖, 橫斷面積曲線 및 模型의 사진은 各各 文獻[9]의 Table 4, Fig. 9, 本報의 Fig. 3 및 文獻[10]의 Photo. 2, Photo. 3에 表示되어 있다.

方法 (ii), (iii) 및 (iv)는 最適球狀船首船型計劃에 해당되는 方法이다. 그러나 最適化計算時 變分副條件

Table 2. Design Plan of B-series Model

Symbol	Contents	Symbol	Contents
L	2.0 m	$d(\xi)$	$\sum_{i=1}^3 d_i \xi^i$, ($-0.8 \leq \xi \leq 0.8$)
B/L	0.1493	d_1	0.2106
T/L	0.064	d_2	-0.6792
C_m	0.984	d_3	0.7340
C_p	0.608	η_B	$0.111 - (\xi/0.8)^{2.5}$, ($\xi = -0.09$)
A_m/L^2	9.38×10^{-3}	$l_S(\zeta)$	$P_2 \zeta^2$, ($\zeta = 1$, $-0.09 \leq \zeta \leq 0$)
$\Gamma_T/(0.1L)^3$	5.720	$l_D(\zeta)$	$Q_2 \zeta^2$, ($\zeta = 1$, $-0.09 \leq \zeta \leq 0$)
V	$K_C L = 14$, ($F_n = 0.267$)	P_2	17.489712
$m(\xi)$	$\sum_{i=1}^4 a_i \xi^i$, ($-1 \leq \xi \leq 1$)	Q_2	0.105350
a_1	0.292496	Planning	(Main hull + Bulb) opt.
a_2	2.565048	f	$A_{FP}/A_m = 0.08$
a_3	-5.288451	α	$A_S/A_D = 75/25$
a_4	2.604244		
γ_S	$0.1(1-\xi^2)^2$, ($-0.09 \leq \zeta \leq 0$)		

數에 따라서는 方法 (iii)과 (iv)는 同一한 결과를 얻어오는 경우가 발생하게 되므로, 本報에서는 方法 (ii)와 方法 (iv)의 2가지 方法단을 使用하여 計算하였다. 但, 平底化目的으로 附加시킨 船底複湧出點系(B.D.)는 最適化計算과 造波抵抗計算에는 考慮하지 않았다.

船型計劃의 諸基本計劃特性和 最終적으로 採用된 計算結果는 Table 2와 같다. 球狀船首의 크기는 船體中央橫斷面積 A_m 과 前部垂線 (F.P.)에서의 橫斷面積 A_{FP} 와 의 비

$$f = A_{FP}/A_m \quad (4.3)$$

로 表示하고, 湧出點系 (V.L.S.)와 複湧出點系 (V.L.D.)의 構成比는 前部垂線橫斷面積에 對한 各特異點系의 寄與橫斷面積 A_S 와 A_D 의 비

$$\alpha = A_S/A_D \quad (4.4)$$

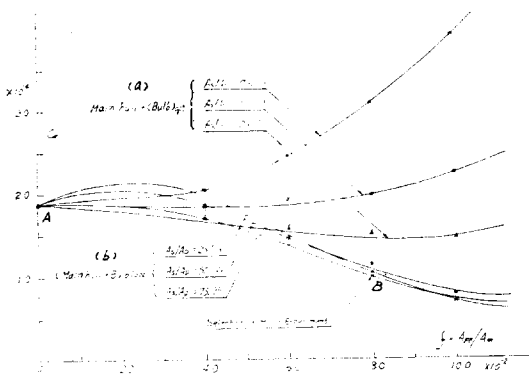


Fig.4 C_w (calculated) vs f

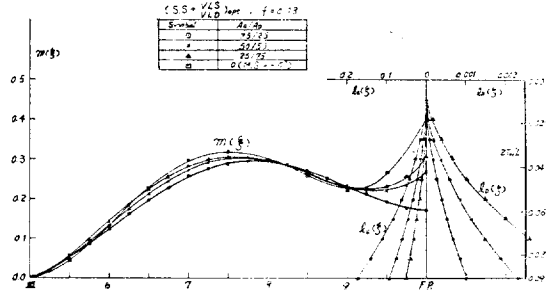


Fig. 5.1 Singularity distribution

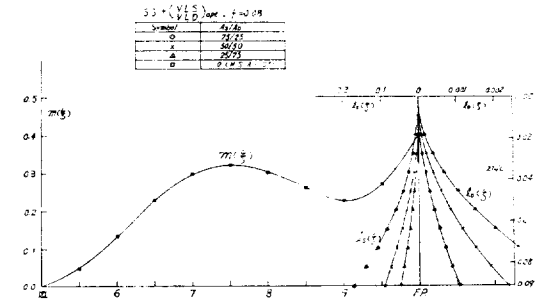


Fig. 5.2 Singularity distribution

로 表示하였다.

船型計算에서는

$$f = 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 \quad (4種)$$

$$\alpha = 75/25, 50/50, 25/75 \quad (3種)$$

의 組合를 (ii)와 (iv)의 2方法으로 計算하므로써 總計 24種의 系統的 球狀船首船型을 計劃하였다.

最適化 計算結果를, 各特異點系에 依한 造波抵抗係數 C_w 와 球狀船首의 크기 f 와의 關係로 綜合한 그림이 Fig. 4이다. Fig. 5는 이 計算結果로 얻어진 各船型의 對應特異點系의 分布제기 中 方法 (ii) 및 (iv)를 使用했을 때의 $f=0.08$ 에 關한 것만을 例示한 것이다. Fig. 4의 A點은 普通船首 最適船型 M.S. A-12에 對應되는 點이다.

그림중 (a) 系列曲線들은 方法 (ii)에 의하여 主船體 M.S. A-12에 이 船型에 對한 最適球狀船首를 附加시킨 船型의 理論的 C_w 값들이다. 이 曲線들은 主船體 自體가 이미 最適化된 것이고, 또한 球狀船首의 크기 만치 船體容積이 증가된 原因 등으로 인하여, 大體로 球狀船首의 크기 f 가 커짐에 따라 C_w 값이 증가 되었다고, M.S. A-00 보다 오히려 性能이 좋지 못하다.

(b) 系列曲線은 方法 (iv)로 計劃된 船型의 理論的 C_w 曲線이다. 이 曲線에 의하면 $f=0.04$ 以上에서는 球狀船首船型의 性能이 M.S. A-12 보다 全般的으로 優秀하고, $f \approx 0.11$ 附近이 球狀船首의 最適值라는 것을 나타내고 있다.

또한 Fig. 4에 의하면, (a) 系列曲線은 α 값이 작을수록 造波抵抗性能이 向上되고, (b) 系列曲線에 의하면 α 를 파라메타로 하는 各曲線의 極少點의 C_w 및 f 값들은 거의 비슷한 크기의 範圍內에 들어 있다. 따라서 方法 (ii)로 球狀船首를 計劃할때는 實用上 許容되는 限 復湧出點成分을 增加시켜주는 것이 有利하고, 方法 [iv]로 最適 크기의 球狀船首를 計劃코자할때는 船首部的 外觀이나 工作의 難易等 實用上의 便利爲主로 特異點의 構成比를 定해주어도 좋을 것으로 여겨진다.

이 事實은 Fig. 5-1의 α 값에 對한 主船側湧出點系의 分布세기 $m(\xi)$ 의 變化狀態와도 直接的인 關係가 있는 것으로 생각된다.

本報의 供試船型選定에 있어서는 Fig. 4에서 考察된 結果와, 主船體에 對한 球狀船首의 適切한 相對의 크기 및 主船體와 球狀船首와의 結合部 水線의 連續性等을 함께 考慮하여, 方法 (iv)에 의한 $\alpha=75/25$, $f=0.08$ 인 B 點을 (b) 系列船型의 供試點으로 擇하기로 하였다.

B 點에 該當되는 特異點系는 Fig. 5 및 Table 2에 表示된 바와 같이, 主船體에 對應하는 主船側湧出點系는

$$m(\xi) = 0.292496\xi^2 + 2.565048\xi^3 - 5.288451\xi^4 + 2.604244\xi^5 \quad (4.5)$$

球狀船首에 對應하는 特異點系는

$$\left. \begin{aligned} l_s(\xi) &= 17.489712\xi^2 \\ l_b(\xi) &= 0.105350\xi^2 \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

이 複合特異點系를 同時에 流線追跡해서 얻은 船型이 本報의 供試用 球狀船首船型의 基本船型이 될 Fig.

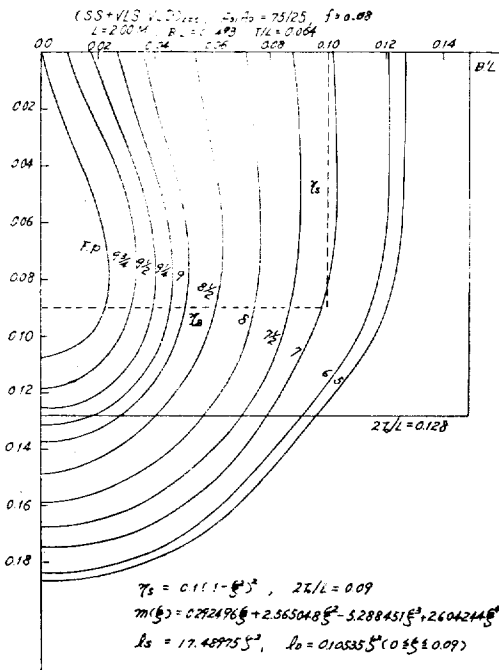


Fig. 6.1 Lines of M.S. B-10*

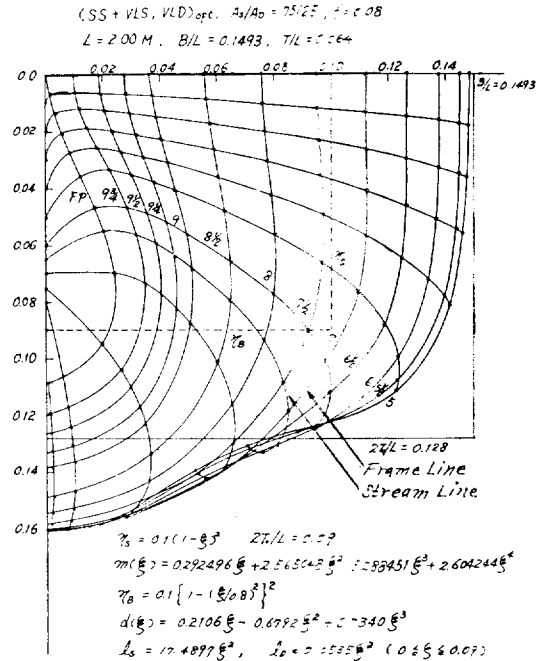


Fig. 6.2 Lines of M.S. B-11*

6.1의 M.S. B-10*이다. M.S. B-10*에 對한 現在까지 計算된 資料中에서 이 船型에 가장 적합하다고 생각되는 文獻[9]의 M.S. A-11*의 船底復湧出點系

$$d(\xi) = 0.21056 - 0.6792\xi^2 - 0.7340\xi^3 \quad (4.7)$$

를 附加하여 平底化를 企圖한 船型이 Fig. 6.2의 M.S. B-11*이다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 M.S. B-10*은 勿論이거니와 平底化를 企圖한 M.S. B-11도 직접 실험하기 어려운 정도로 船底가 처져 있다. 이것은 理論 船型이 一般의 으로 지나는 단점이고, 이것을 實用할 수 있도록 平底化하기 위해서는 適切한 線圓修正이 필요하게 된다. 一般的으로 理論船型의 平底化에는 船體橫斷面 積을 一定하게 維持하며, 船底가 처진 部分의 橫斷面 積의 船側部로 移動 附加시키는 方法이 쓰이고 있다.

本報에서는, 球狀船首船型의 平底化를 위한 線圖修正 方法의 差異가 造波抵抗性能에 미치는 影響을 檢討할 目的으로, 流線追跡結果로 얻어진 船型 M.S. B-11*의 滿載吃水線(L.W.L.) 附近形狀의 變形을 許容하고, 實用上 便利 위주로 修正한 船型 M.S. B-111*와 滿載吃水 線附近形狀의 變形을 可能한 限 피해하며 修正한 船型 M.S. B-112*와의 2種의 船型을 計劃하였고, 이 船型 들의 前半部船體와 原型 M.S. A-00의 後半部船體를 各各 組合하여 實用化하므로써 2個의 供試用 球狀船 首船型을 決定하였다. 前者를 M.S. B-1101, 後者를

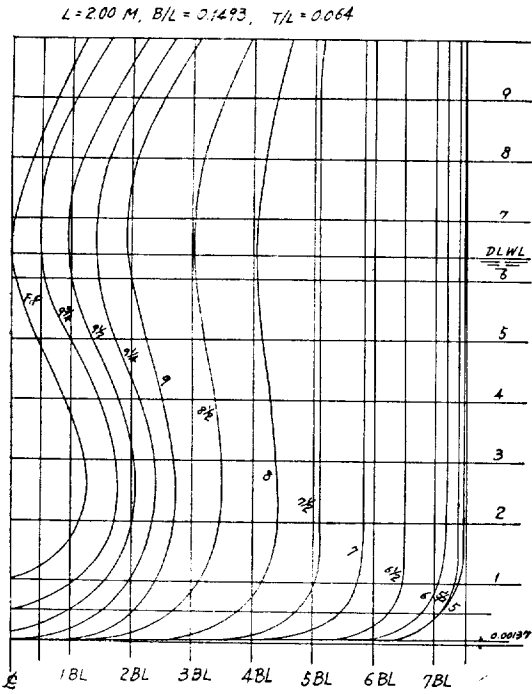


Fig. 7-1 Lines of M.S. B-1110

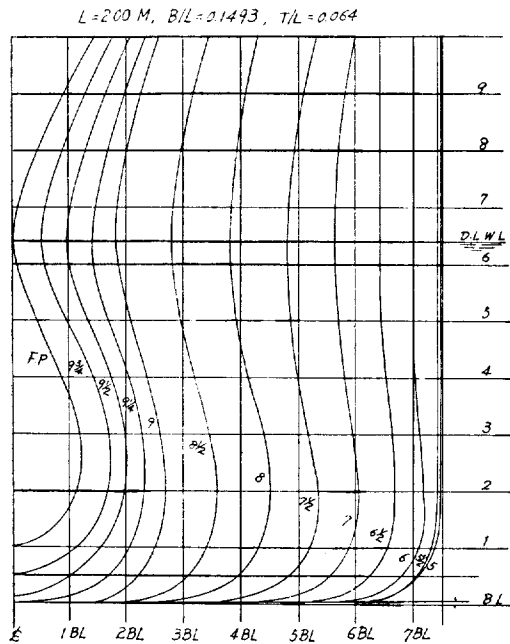


Fig. 7-2 Lines of M.S. B-1120

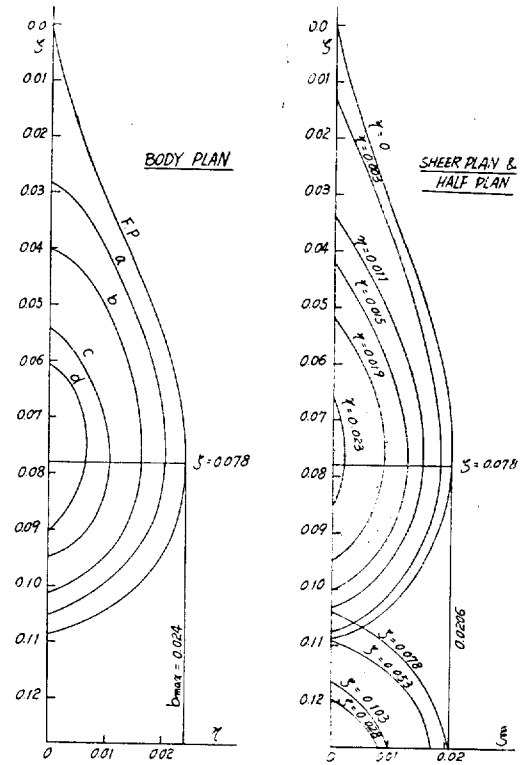


Fig. 8 Lines of bulbous bow (B-Series)

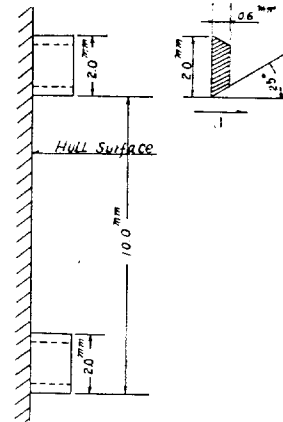


Fig. 9 Turbulent stimulator

M.S. B-1120이라命名하고, 各船型의 橫斷面積曲線, 線圖 및 模型의 사진을 各各 Fig. 3, Fig. 7-1, Fig. 7-2 및 photo. 2, Photo. 3에 表示하였다. Fig. 8는 主船體와 獨立의으로 表示한 이 船型들의 球狀船首만의 線圖이다.

Table 3 Models and Experimental Conditions

No.	Model	Character	Load cond.	Trim cond.	Draft T(m)	Disp. P(m ³)	W.S.A. S(m ²)	W.Temp (°C)	Date
1	A-00	Original ship	full	even kneel	12.8	0.04778	0.8089	16.0	1972. 10. 17~18.
2	A-12	Non-bulb optimum ship	"	"	"	0.04590	0.8048	"	10. 19
3	A-1200	Non-bulb reformed ship	"	"	"	0.04826	0.8262	"	10. 20
4	B-1110	Bulbous bow reformed ship (1)	"	"	"	0.04860	0.8364	"	10. 20
5	B-1120	Bulbous bow reformed ship(2)	"	"	"	0.04860	0.8380	"	10. 21

5. 抵抗試驗

船型試驗에는 球狀船首船型 2隻, 普通船首船型 2隻 原型 1隻, 도합 5隻의 船型을 供試하기로 計劃하고, 仁荷大學校 船型試驗水槽에서 Table 3 과 같은 試驗狀

態에 對한 抵抗試驗을 遂行하였다.

模型은 文獻[10]에서와 같이, 2 m 길이의 木製模型을 使用 하였고, T. Tagori 의 方法[14]에 따라 Fig.9와 같은 木製 梯形斷面뿔(plate stud)을 1/2 스테이션에 1 列式 取附하여 亂流를 促進케 하였다. 曳引用 嚮導裝

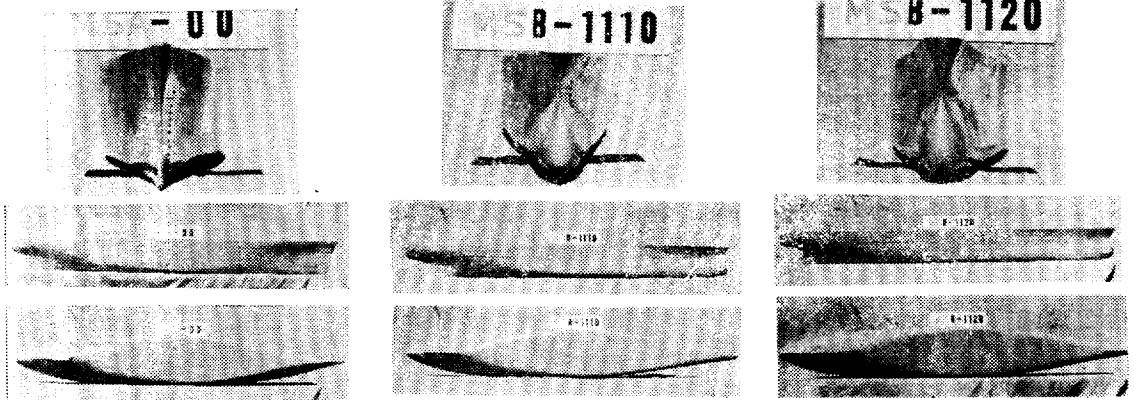


Photo. 1 M.S. A-00

Photo. 2 M.S. B-1110

Photo. 3 M.S. B-1120

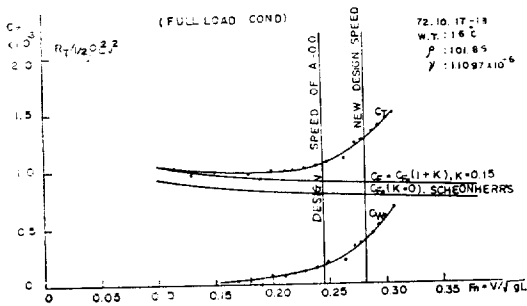


Fig. 10-1 Resistance curve of M.S. A-00

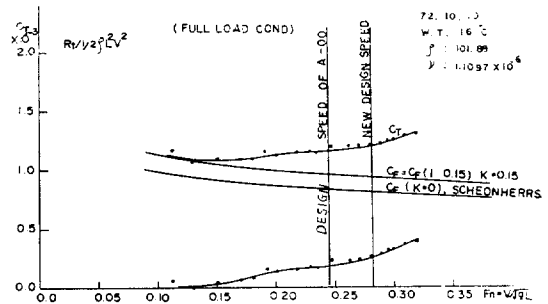


Fig. 10-2 Resistance curve of M.S. A-12

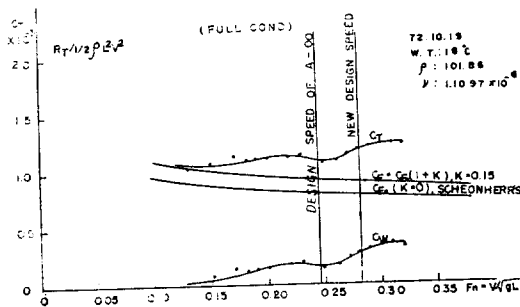


Fig. 10-3 Resistance curve of M.S. A-1200

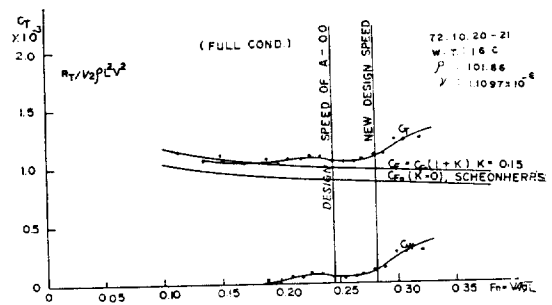


Fig. 10-4 Resistance curve of M.S. B-1110

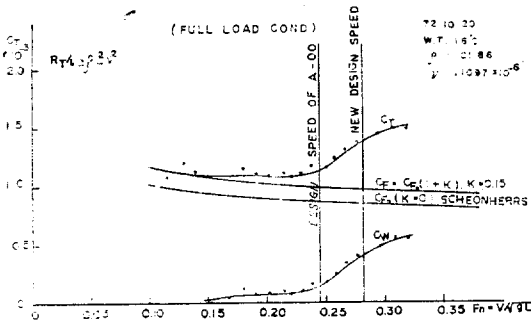


Fig. 10.5 Resistance curve of M.S. B-1120

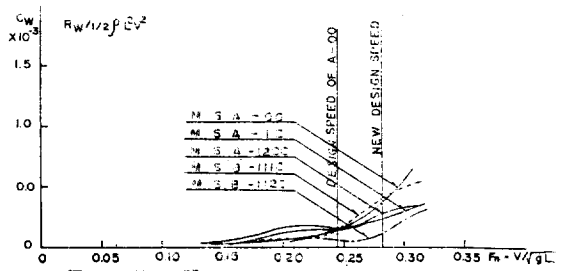


Fig. 11 Wave resistance curves

置(towing guide)는 自由嚮導裝置(free guide)를 使用하였다.

試驗結果 解析에 있어서는, 抵抗係數는

$$C = R / \frac{1}{2} \rho L^2 U^2 \quad (4.1)$$

對應平板摩擦係數式은 Shoenherr 式

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_{F_0}}} = \log(R_n \cdot C_{F_0}) \quad (4.2)$$

를 使用 하였으,

抵抗成分分離에 있어서는 Hughes 의 方法

$$C_v = C_{F_0}(1+k) \quad (4.3)$$

에 의하여 形狀影響係數(form factor)k를 決定 하였다.

Table 4. Evaluation of Experimental Results

Model	Item	$\Delta C_T / C_{T_0} \times 100(\%)$		$\Delta C_w / C_{w_0} \times 100(\%)$	
		0.245	0.282	0.245	0.282
A-00	F_n	0%	0%	0%	0%
A-12		+4.8	-5.6	-3.0	-29.8
A-1200		+8.0	-5.6	+6.6	-24.3
B-1110		+7.2	+7.9	-3.3	+9.45
B-1120		-3.0	-14.3	-60	-70.3

6. 試驗結果

各船型의 抵抗試驗結果는 Fig. 10에 表示된 바와 같고, 形狀影響係數를 $k=0.15$ 로 統一하여 造波抵抗成分을 全抵抗에서 分離해낸 結果를 綜合해서 한 그림에 表示한 것이 Fig. 11이다.

原型의 計劃速力 $F_n=0.245$ 와 理論船型의 計劃速力 $F_n=0.282$ (原型의 試驗速力) 2點에 關한 抵抗性能을 Fig. 10과 Fig. 11에 의하여 評價한 結果는 Table 4와 같다.

Table 3과 Fig. 3에서 알수 있는 바와 같이 計劃過程에서 球狀船首船型의 排水容積 V 와 C_{PF} 값이 原型의 것보다 各各 1.7% 및 0.85% 增大 되어있다. 이러한 結果는 主로 船型에 關한 幾何學의 條件과 流體力學의 條件間의 相關值資料의 不正確이 主原因인 것으로 여겨지며, 相關值에 關한 資料蓄積의 必要性을 더욱 切

感하게 된다. 이러한 不利한 條件을 內包하고 있음에도 不拘하고, 5種의 船型中 球狀船首船型 M.S. B-1120의 抵抗性能이 가장 우수하게 나타나 있다.

攪亂點의 位置가 自由表面에 가까울수록 造波抵抗에 미치는 영향이 크다는 것은 이미 알려져 있는事實이지만, 理論船型의 平底化方法이 抵抗性能이 미치는 영향의 程度를 檢討하기 위하여 流線追跡結果인 M.S. B-11*의 船底의 처진 部分의 橫斷面積을 船側部로 移動 附加시키는 位置만을 달리한 것이 B系列 船型들이다. 即 Fig. 7.1의 M.S. B-1110은 實用性 위주로 M.S. B-11*의 船底의 처진 部分의 橫斷面積을 滿載吃水線附近에 移動附加시킨 船型이고, Fig. 7.2의 M.S. B-1120은 M.S. B-11*의 滿載吃水線形狀을 重視하여, 船底의 처진 部分의 橫斷面積을 主로 水面에서 가장 먼곳, 即 船體彎曲部(bilge) 附近으로 移動 附加시킨 船型이다. 이 2船型은 實際의으로는 幾何學의 諸元이 同一할 뿐만 아니라, 球狀船首를 包含한 9스테이션까지의 船首部形狀은 거의 같고, 그以後의 形狀만이 若干 相違할 뿐이다.

그럼에도 不拘하고, 滿載吃水線 附近形狀의 變形을 許容한 M.S. B-1110의 性能은 豫想 以上으로 極히 不良하다. 이와 같은 結果는 水面附近水線形狀의 變化가 抵抗性能에 미치는 影響이 대단히 敏敏하다는 事實을 表示해 주는 것으로 여겨진다. 그러므로 理論船型의 平底化에 있어서는 可能한 限 流線追跡結果의 水面附近水線形狀을 존중하며 線圖修正에 臨해야 할 것이다.

7. 結 論

以上の 研究 結果를 綜合하면 다음과 같다.

- (1) 本計劃法으로 計劃된 理論船型에 平底化修正과 實用化修正을 加하여도 充分히 優秀한 造波抵抗性能을 維持할 수 있음을 實驗의으로 確認하였다.
- (2) 理論船型을 平底化 할때는 船首附近이 아닐지라도 水面附近水線形狀의 變形은 되도록 피해야 한다.
- (3) 本報의 計算結果에 依하면, 球狀船首에 對應하는 特異點成分의 構成比와 造波抵抗性能間의 關係는 다음과 같다.

주어진 主船體에 最適球狀船首를 取附할 경우에는 實用上 許容되는 限 複湧出點 成分을 증가시켜 주는 것이 有利하고,

主船體와 球狀船首를 함께 最適化 할 경우에는, 特異點構成比를 實用上的 便利 위주로 決定해 주어도 그로 因한 영향은 현저하지 않다.

(4) 本計劃法에 依하면, 球狀船首의 크기의 最適値를 決定할 수 있고, 本報의 경우, 方法(iv)를 使用 하였을 때의 最適値는 $f \approx 0.11$ 이다.

後 記

本論은 1972 년도 과학기술처 연구비로 이루어진 것이다. 후원해주신 關係 諸官께 깊이 감사 드립니다.

이 研究는 東京大學 船體抵抗研究室에 힘 입은 바 크다. 特히 계산기구 마련에 많은 도움을 주신 Dr. Yamaguchi께 깊이 감사 드립니다.

이 研究를 進行하는 동안 始終一貫 지도 편담해 주신 曹奎鍾 教授와, 實驗을 비롯하여 資料整理等 힘든 일들을 도맡아 해주신 朴魯植 碩士와 元容法, 孫忠烈 兩 學士에게 감사 드립니다.

參 考 文 獻

- [1] Yim, B.: "Some Recent Developments in Theory of Bulbous Ships", *Hydrodynamics, Incorporated Technical Report*.
- [2] Inui, T. Takahei, T., and Kumano, M.: "Wave Profile Measurements on the Wave-making Characteristics of Bulbous Bow", *SNAJ*, 1960.
- [3] Havelock, T.H.: "The Calculation of Wave Res-

- istance", *Proc. Roy. Soc., A* 144, 1934.
- [4] Inui, T.: "Wavemaking Resistance of Ships", *Trans. SNAME*, Vol. 70, 1962.
- [5] Wigley, W.C.S.: "The Theory of the Bulbous Bow and its Practical Application". *Trans. NECI-ES*, Vol. III, 1936.
- [6] Havelock, T.H.: "The Wave Pattern of a Doublet in a Stream", *Proc. Roy. Soc., A* 121, 1934.
- [7] Lee, A.Y.C.: "Source Generated Ship of Minimum Theoretical Wave Resistance," *TRINA*, 110, 198.
- [8] Yim, B.: "On Ships with Zero and Small Wave Resistance", *Proc. of the International Seminar on Theoretical Wave Resistance*, The Univ. of Michigan, 1963.
- [9] 曹奎鍾, 洪性完: "流線追跡法에 依한 Liner 船型의 改良", 大韓造船學會誌 7-2 卷 1970.
- [10] 曹奎鍾, 洪性完, 金椽: "流線追跡法에 依한 Liner 船型의 改良(續)", 大韓造船學會誌, 8-2 卷, 1971.
- [11] Michell, J.H.: "The Wave Resistance of a Ship", *Phil. Mag.*, Vol. 45, 1898.
- [12] 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.
- [13] Pien, P.C.: "The Application of Wave-making Resistance Theory to the Design of Ship Hulls with Low Total Resistance", *5th Symposium on Naval Hydrodynamics, Bergen*, 1964.
- [14] Tagori, T.: "A Study of the Turbulence Stimulation Device in the Model Experiment on Ship Form", *Proc., 10th ITTC*, 1963.