

數式表示法에 의한 船型の 初期計劃에 관한 研究

朴 魯 植·曹 奎 鍾*·洪 性 完*

造船工學科

〈요 약〉

本 研究는 韓國 商工部 標準型船 中 G.T. 10,000噸級 Liner船型에 數式表示法을 適用하여, 原船型과 數式表示에 依해 얻은 船型과를 比較檢討하여, 本 方法이 船型의 初期設計에 實用 可能性이 있음을 確認하였고 本法의 應用에 必要한 program 및 各 parameter들의 變化에 따른 水線形狀의 變化를 調査하였다.

A Study on Preliminary Design of Ship Form by Mathematical Method

No Sick Park, Kyu Jong Cho and Song Wan Hong

Dept. of Naval Architecture & Shipbuilding Science

〈Abstract〉

This paper applied the liner form of G.T. 10,000 ton class ship included in the standard ship forms of the Commerce and Industry Ministry, to represent the ship form mathematical method. This discription compared with and inspected both this results and original lines. and, It was investigated that the variations of waterline form in accordance with the varing water line parameters and form parameters in order to adopt the data for the applications of this method.

I. 緒 論

船型을 決定하는 初期段階에 있어서 船型을 數式的으로 表示하고자 하는 方法은 1960年 Sweden의 Chapman이 拋物線方程式으로 水線을 表示하면서 부터 始作 되었다. 그후 D.W. Taylor는 水線과 斷面積曲線을 5階多項式으로 表示하였고, 또한 Ren son, Weinblum, 渡邊, P.C. Pien 등 여러 研究家 들에 依해 研究되어 왔다. 最近 J.E. Kerwin은 高次多項式을 利用, 最小 2乘法으로써 주어진 座標函數의 係數를 얻음으로써 初期設計에 있어서 充分히 滿足한 만한 結果를 얻었으나 計算量이 많은 欠點이 있었다.

또한 1970年 Thieme와 G. Kuiper는 船體表面多項式에 square root term을 導入하므로써 船首尾

에서의 radius變化로 인한 水線形狀을 表現하는데 좋은 結果를 얻었다. 本研究에서는 G. Kuiper의 方法을 理論的主軸으로 하여 韓國 商工部標準型船中 G.T. 10,000噸級 Liner船型에 適用하여 原船型과 數式表示에 依하여 얻어진 船型과를 比較 檢討하였으며, 또한 이 方法應用에 必要한 資料로 하기 爲하여, Water line parameter 및 form parameter 들의 Variation에 따른 Waterline 形狀의 變化를 調査 하였다.

II. 船型의 數式表示

1. 設計方法 및 各種 parameter의 定義

船型設計에 있어서는 船主로부터 載貨重量, 船速 및 航海區域 등을 決定해오면 設計者는 船主의 要求

*仁荷大學校 工科大学

이 適合한 主要치수들, 즉 길이, 幅, 깊이, 吃水, 排水量 및 타력 등을 決定한다. 또한 船首尾의 形狀, 船體中央橫斷面의 形狀, 方形係數, 淨心位置 水線面積係數, 水切半角(i) 등을 決定하여 construction waterline을 決定한다. 이때 決定된 construction waterline이 選定된 모든 條件에 適合한 가를 檢討하고 適合하지 않으면, 適合 할때까지 反復하여, 要望되는 水線을 決定한다. 이 課程은 Fig 1에 表示하였다. 이때 船型을 數式으로 表示하기 爲하여 다음과 같은 몇몇 parameter들을 定義한다. 一般적으로 waterline parameter가 bottom으로부터 거리의 (z)에 따라 變경이 變하는 各을 數式으로 表示할 수 있으며 이를 Draft function이라 定義한다. 또한 Draft function을 表示하기 爲한 適切한 Parameter를 Form Parameter라 定義한다.

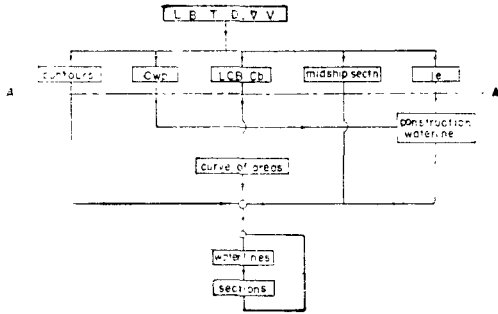


Fig. 1. Flow diagram of design process of a lines plan.

2. 座標系

船型을 數式으로 表示하기 爲하여 船體를 Fig.2에 表示한 것과 같이, 船體中央橫斷面에서 船首部와 船尾部로 나누어 생각 하였으며, 또한 複雜性을 避하기 爲하여 keel line은 base line과 一致하여, water line은 船體中央部에서 平行部가 있고, chine 이나 nuckle을 가지지 않는다고 假定하고 다음과같이 定義한 無次元座標系를 使用하였다.

$$\hat{x} = L(x - L_p) / (L_{wl} - L_p) \tag{1a}$$

$$\hat{y} = y / (B/2) \tag{1b}$$

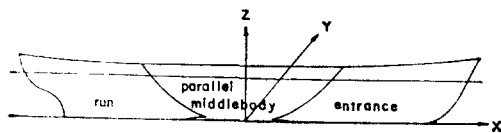


Fig. 2. System of Axes

3. 水線方程式

船體表面의 水線은 一般적으로

$$y = f(x, z) \tag{2}$$

로 表示할 수 있으며, 水線方程式에서 z 는 常數이므로

$$y = f(x) \tag{3}$$

로 假定할 수 있다. 그러므로, 水線을 x 의 n 次 數인 多項式

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^n C_i (\hat{x})^{exp i}$$

로 表示할 수 있다. 여기서 $exp i$ 를 選定함에 있어서는 可能한 한 낮은 次數를 擇하고도 滿足스런 水線을 얻도록 擇하여야 하며, 本研究에서는 $n = 8$, $exp i$, 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6을 擇했다. 즉 水線方程式은

$$\hat{y} = C_0 + C_1 \sqrt{1 - \hat{x}} - C_2 \hat{x} + C_3 \hat{x}^2 + C_4 \hat{x}^3 + C_5 \hat{x}^4 + C_6 \hat{x}^5 + C_7 \hat{x}^6 \tag{5}$$

로 表示된다. 이 水線方程式의 解를 求하기 爲하여서는 Design parameter를 滿足하도록 選定된 water line parameter를 考慮하여 水線의 邊界條件式을 決定하여야 한다. 먼저 water line parameter로서는 船體中央橫斷面부터 船首尾端까지의 길이 (L_{wlf} , L_{wta}), 船體中央橫斷面부터 水線의 直線部分의 길이 (L_{plf} , L_{pta}), 船體橫斷面에서의 水線幅 (B_{wl}), 船首尾端에서의 水線幅(=0), 船首尾部의 水線面積係數 (C_{wlf} , C_{wta}), 船首尾部의 水線面積淨心 (CG_{wlf} , CG_{wta}), 船體平行部의 變曲點에서의 一次微分(=0), 船首尾端에서의 entrance angle(i_e), 船首尾端에서의 曲率半徑 (r_a , r_f) 등을 考慮하여야 하며, 이를 다음과 같이 無次元化 하여 사용하였으니 Fig.3에 表示 하였다.

$$\hat{C}_{wlf} = (C_{wlf} - \hat{L}_{plf}) / (1 - \hat{L}_{plf}) \tag{6a}$$

$$\hat{CG}_{wlf} = [C_{wlf} \cdot CG_{wlf} - 0.5 \hat{L}_{plf} - \hat{C}_{wlf} \cdot \hat{L}_{plf} (1 - \hat{L}_{plf})] / (\hat{C}_{wlf} \cdot (1 - \hat{L}_{plf})^2) \tag{6b}$$

$$\hat{r}_a = (L_{wlf} - L_{plf}) r_a / B_{wl}^2 \tag{6c}$$

$$\hat{i}_e = (L_{wlf} - L_{plf}) i_e / B_{wl} \tag{6d}$$

$$\hat{L}_{plf} = L_{plf} / L_{wlf} \tag{6e}$$

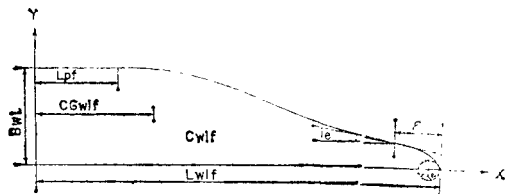


Fig. 3. Parameters of a waterline

또 이때의 境界條件式은

$$\hat{x}=0, \hat{y}=1 \quad (7a)$$

$$\hat{x}=0, d\hat{y}/d\hat{x}=0 \quad (7b)$$

$$\hat{x}=0, d^2\hat{y}/d\hat{x}^2=0 \quad (7c)$$

$$\hat{x}=1, \hat{y}=0 \quad (7d)$$

$$\hat{C}_{wlf} = \int_0^1 \hat{y} d\hat{x} \quad (7e)$$

$$\hat{C}G_{wlf} \cdot \hat{C}_{wlf} = \int_0^1 \hat{x} \hat{y} d\hat{x} \quad (7f)$$

$$\hat{x}_e = 1 - \epsilon, d\hat{y}/d\hat{x} = i\epsilon \quad (7g)$$

$$\hat{y}_e = 0.5C_1^2 \quad (7h)$$

이 境界條件을 滿足하도록 水線方程式 (5)의 係數 $C_0 \sim C_7$ 을 決定하면 水線이 얻어진다.

4. Draft function

water line parameter들을 Draft function으로 표시함에 있어서는 Fig. 1에서 보듯이 L, B, D , 船首尾의 形狀, 中央橫斷面의 形狀이 決定되므로, $C_{wl}(z)$, $CG_{wl}(z)$, $i_e(z)$, $r_e(z)$, $L_p(z)$ 만을 決定하면 되며 이들 값도 船體의 under part만으로 制限하면 多項式으로 表示할 수 있다.

$$f(z) = \sum_{i=1}^n C_i (Z/T)^{exp_i} \quad (8)$$

(a) C_{wl} curve

$$C_{wl} = C_0 + C_1 \sqrt{Z/T} + C_2(Z/T) + C_3(Z/T)^2 \quad (9)$$

Form parameter

① C_{wl} (bottom)

② CG_{wl} (L.W.L)

③ dC_{wl}/dz (L.W.L)

$$④ C_b = \int_0^T C_{wl} \cdot L_{wl} \cdot 2B_{wl} / L_{pp} \cdot B \cdot T \, dz$$

(b) CG_{wl} Curve

$$CG_{wlf} = S_0 + S_1 \sqrt{Z/T} + S_2(Z/T) + S_3(Z/T)^2 \quad (10)$$

Form parameter

⑤ CG_{wlf} (bottom)

⑥ CG_{wlf} (L.W.L)

⑦ dCG_{wlf}/dz (L.W.L)

$$⑧ LCB = C_{bf} \int_0^T CG_{wlf} \cdot C_{wlf} \cdot L_{wlf}^2 \cdot 2B_{wl} / L_{pp}^2 \cdot B \cdot T \, dz$$

(c) entrance angle

$$i = i_0 + i_1(Z/T) + i_2(Z/T)^2 \quad (11)$$

Form parameter

⑨~⑪ ($i = i_j, j = 1, 2, 3$)

(d) radius curve

$$r = r_0 + r_1(Z/T) + r_2(Z/T)^2 + r_3(Z/T)^3 \quad (12)$$

Form parameter

⑬~⑮ ($r = r_j, j = 1, 2, 3, 4$)

(e) 船體平行部長의 曲線

$$L_{pf}(\text{bottom}) + \frac{1}{2} [L_{pf}(\text{L.W.L}) - L_{pf}(\text{bottom})] \times [3(Z/T) - 2(Z/T)^3 + (Z/T)^4] \quad (13)$$

Form parameter

⑯ L_{pf} (bottom)

⑰ L_{pf} (L.W.L)

以上的 ①~⑮를 Form parameter 決定하면 式 (9)~(13)에 의하여 Water-Line parameter가 Draft function으로 表示된다.

III. 供試船型에서의 計算 및 應用

供試船型으로는 商工部 標準型船 GT 10,000噸級 Liner船型을 擇하였으며 主要寸數 및 船型係數는 다음과 같다.

Length Over All	153.00m
Length Between Perpendicular	146.00m
Breadth (MLD)	21.80m
Depth (MLD)	12.30m
Draft (DLWL)	9.30m
Speed	18 knots
Displacement Volume	18,595m ³
Midship Section Coeff. (C_m)	0.984
Block Coeff. (C_b)	0.628
LCB after from midship	2.2m

船首尾의 形狀 Fig 4(a), 4(b)

船體中央橫斷面의 形狀 Fig. 5

本 研究에서는 原線型과 數式表示法에 의한 船型과 比較 檢討 하고자 water line parameter값을 供試船型에서 얻어 Table.1(a), Table.1(b), Fig. 4(a), Fig. 4(b)에 表示하였다. 또한 이를 使用, program을 作成하여 CDC 3300에서 計算하여 얻은 水線 및 船型을 Fig. 5, Fig. 6(a), Fig. 6(b)에 表示하였다. 또한 water line parameter가 水線의 形狀에 미치는 影響을 調査하기 爲하여 滿載吃水線 (L.W.L)중 모든 water line parameter를 0.1씩 키고, 水線面積係數(C_{wlf})만을 變化 시켰을때의 水線形狀을 Fig. 7(a), 같은 方法으로, CG_{wlf} 의 位置, i_e 의 크기, r_e 의 크기, L_p 의 크기 및 ϵ 의 크기 만을 各各 變化시켰을때의 水線形狀의 變化를 Fig. 7

Table 1(a). Value of waterline parameters, fore body

WL	C_{wlf}	CG_{wlf}	r_e	i_e	L_{pf}	L_{wlf}	ϵ
L.W.L	0.655	0.358	0.05	0.157	6.0	73.00	0.00193
7	0.634	0.350	0.03	0.127	4.9	72.75	0.00119
5	0.621	0.346	0.015	0.097	4.2	72.55	0.00119
3	0.603	0.339	0.010	0.082	2.7	72.25	0.00095
1	0.560	0.327	0.010	0.071	1.1	71.95	0.00095

Table. 1(b). Value of Vaterline para meters, after body

W.L	C_{wla}	CG_{wla}	r_a	i_a	L_{pa}	L_{wla}	ϵ
L.W.L	0.788	0.408	0.800	0.404	25.6	76.45	0.00364
7	0.787	0.411	0.015	0.477	17.6	69.10	0.00122
5	0.725	0.384	0.015	0.435	16.3	68.80	0.00024
3	0.658	0.360	0.015	0.141	7.5	68.80	0.00070
1	0.539	0.315	0.015	0.084	1.0	67.75	0.00095

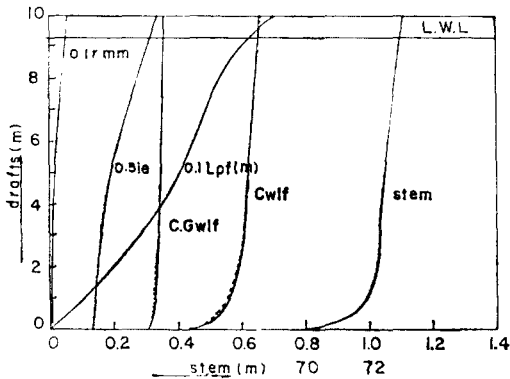


Fig.4(a). Draft functions, fore body

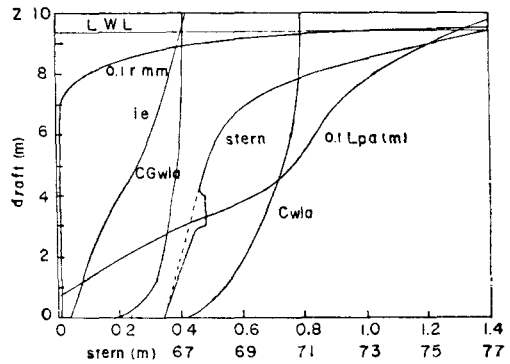


Fig.4(b). Draft function, after body

(b), 7(c), 7(d), 7(e) 및 Fig. 7(f)에 表示 하였으며, L.W.L의 C_{wlf} 값을 變化시켰을때, bottom에서 C_{wlf} construction waterline 1次微分값 단을 變化시켰

을때 C_{wlf} Curve의 變化를 Fig. 8(a), 8(b) 및 Fig. 8(c)에 表示하였다.

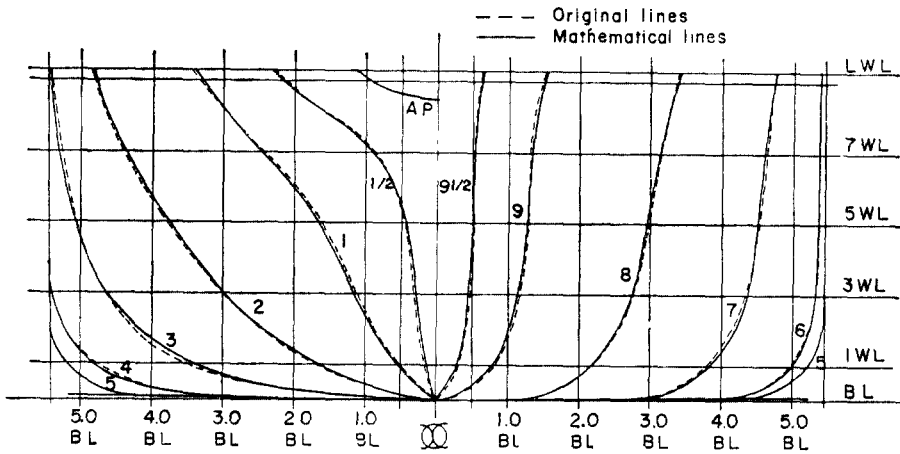


Fig. 5. Comparison of Original lines and Mathematical lines

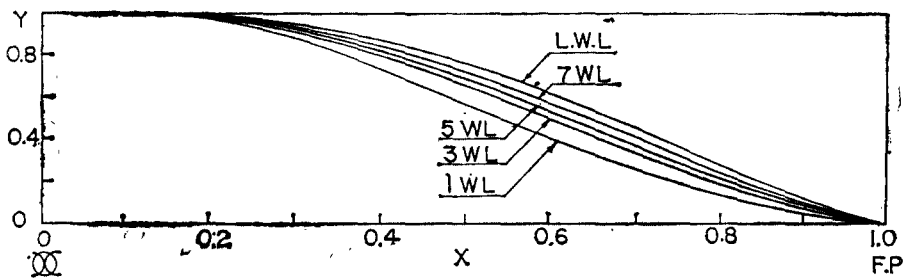


Fig. 6(a). Offsets ratio of computed waterlines, fore body

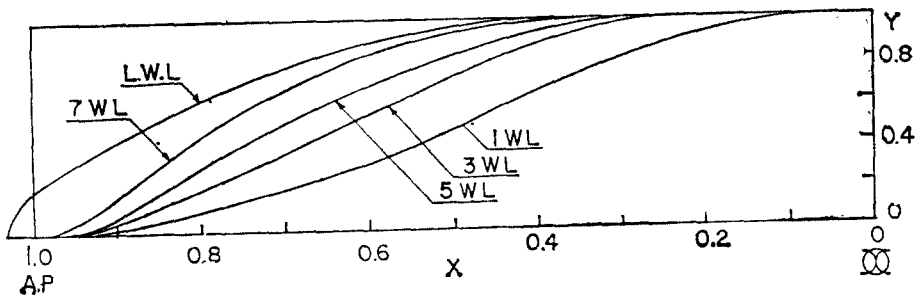


Fig. 6(b). Offsets ratio of computed water lines, after body

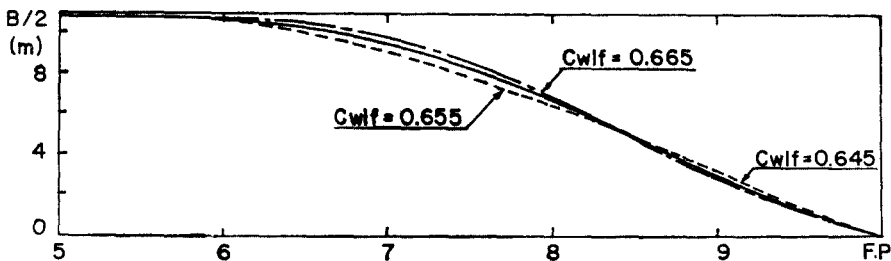


Fig. 7(a). Variation of Cwlf

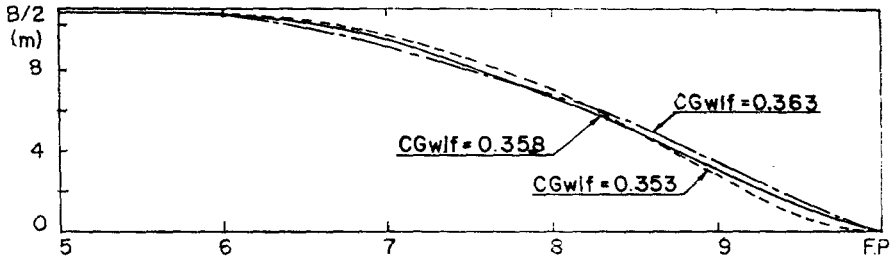


Fig. 7(b). Variation of CGwlf

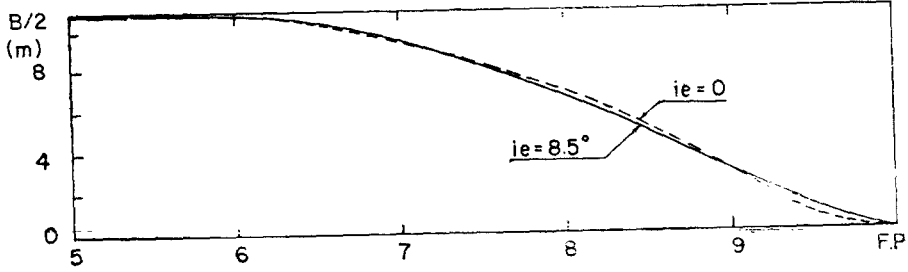


Fig. 7(c). Variation of i_e

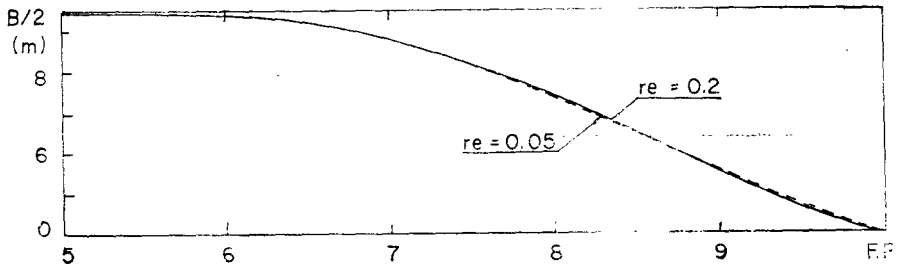


Fig. 7(d). Variation of r_e

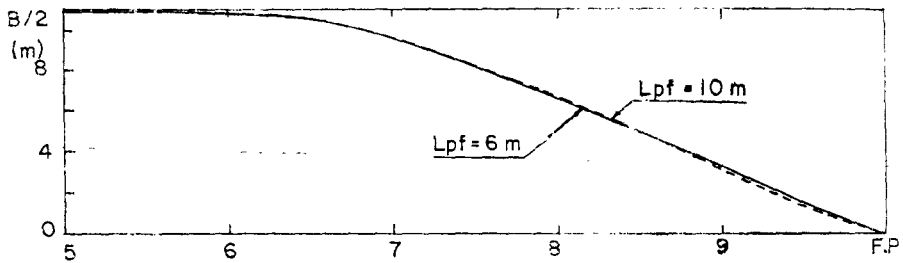


Fig. 7(e). Variation of L_{pf}

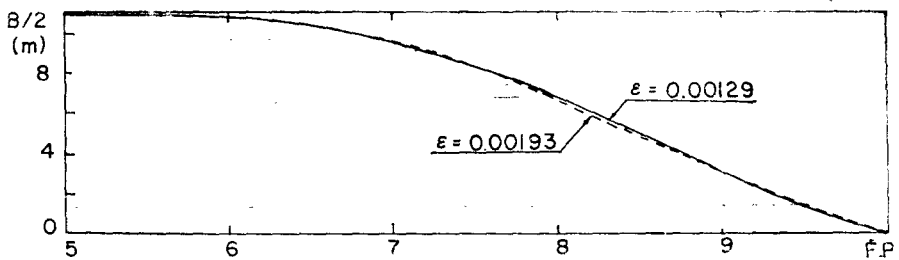


Fig. 7(f). Variation of ϵ

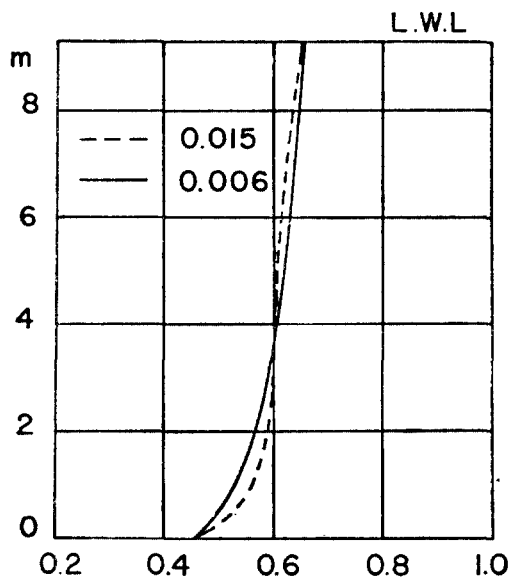


Fig. 8(a). Variation of C_{wlf} (L.W.L)

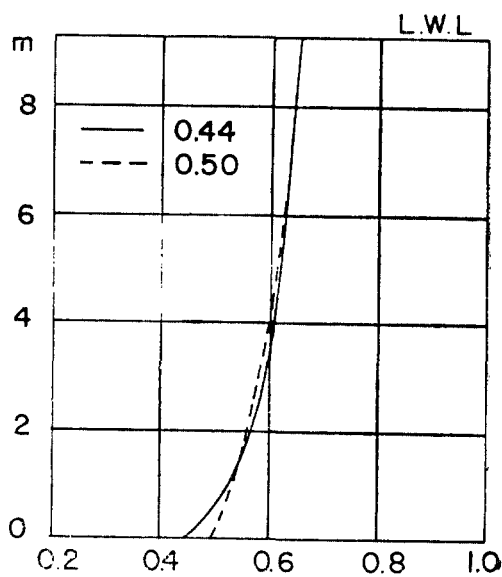


Fig. 8(b). Variation of C_{wlf} (boffom)

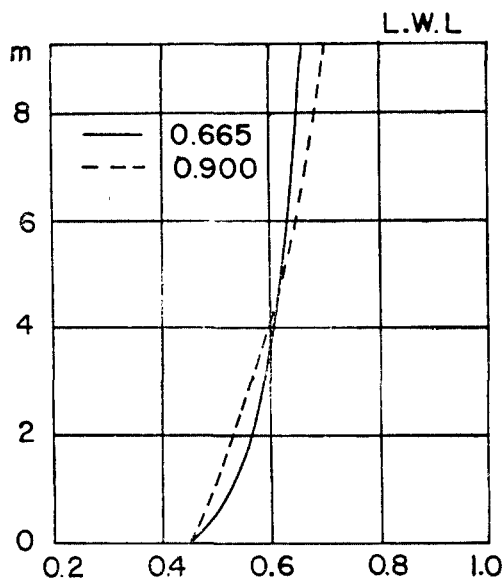


Fig. 8(c). Variation of dC_{wlf}/dz

IV. 考 察

以上 計算結果를 考察하여 보면 Fig. 5에서 보듯이 最大 1.7%이내의 誤差로 比較的 잘 一致하여 本 方法의 實用性이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 C_{wl} 값만을 變化 시키면 水線의 面積이 커짐은 당

연한 일이나 그 面積의 증가가 대체로 中央部에서 나타났으며 本 研究에서 計算한 範圍內에선 變曲點이 거의 一致함을 알았다. CG_{wl} 의 位置를 약간만 變化 시켜도 船首尾의 水線形狀이 비정상적으로 變化하며 i_e , r_e , L_{pf} 의 變化는 水線의 영향에 큰 影響을 미치지 않았으나 i_e 를 어느 位置(ϵ)에서 擇하여 취하는 가에 相當한 차이가 있음을 확인 하였

다. 또한 bottom의 C_{wlf} 값이 Draft function에 별 영향을 주지 않으나 L.W.L의 C_{wlf} 값 및 一次微分 값은 많은 영향을 미칠 수 있었다.

V. 結 論

이상 論한 計算結果 및 考察을 綜合하면

1. 供試船型의 原線圖와 數式表示에 依해 구한 線圖는 Fig. 5에서 보듯이 1.7% 이내의 誤差로 實設計에 利用 可能性이 있음을 알 수 있었다.

2. 本 方法의 電算 program을 使用하여 初期設計時線圖의 fairing에 소요되던 많은 시간을 절약할 수 있을 것이다.

3. Waterline parameter 中 C_{wlf} , CG_{wlf} 는 水線形狀에 많은 영향을 미치나 i_e , r_e , L_{pf} 등은 별 영향을 미치지 않았다.

4. Draft function 中 C_{wlf} 값은 L.W.L의 값 및 1次微分 값의 영향이 크며 bottom의 값은 별 영향을 미치지 않았다.

5. 임의의 한 parameter에 대한 系統的인 船型變化를 調査하여 實設計에 적용하면 便利함을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. Saunders, H.E., "Hydrodynamics Ship Design." Chapter 49, Society of Naval Architects and Marine Engineers Publication, Vol. 2 (1957)

2. D.W. Taylor, "Calculation of Ship's Forms," Trans. Int. Engineering Congress, San Francisco, (1915)

3. F.W. Benson, "Mathematical Ship's Lines," Trans. INA, Vol. 82, (1940), p. 129-151.

4. Y. Watanabe, "Mathematical Ship's Lines," Journal of Zosen Kiokai, Vol. 77, p. 47-58, (1955)

5. H. Thieme, "Über Grundlagen für den Mathematischen Linienriss eines Frachtschiffes," Schiffstechnik, (1956)

6. P.C. Pien, "Mathematical Ship Surface," DTMB Report 1398, (1960)

7. J.E. Kerwin, "Polynomial Surface Representation of Arbitrary Ship Forms," JOURNAL OF SHIP RESEARCH, Vol. 4, no. 1, (1960)

8. A. Williams, "Mathematical Representation of Bodies of Revolution," SSS/T Geteborg, Report no. 55, (1962)

9. C. Kuo and N.S. Miller, "The Mathematical Fairing of Ships Line's," European Shipbuilding, Vol. 10, 1963, pp. 72-86. (1963)

10. G. Kuiper, "Preliminary Design of Ship Lines by Mathematical Methods," JOURNAL OF SHIP RESEARCH, p. 52-66. (1969)

11. 曹奎鍾, 洪性完, "대형 구상선수에 관한 연구" 한국 과학 기술처, p. 73-75. (1973)