

流線追跡法에 의한 Liner 船型の 改良(續)

曹奎鍾*·洪性完*·金椽*

A Study on the Development of Liner Ship Form by Streamline Tracing Method

by

Kyu Jong Cho* · Sung Wan Hong* · Sang Kim*

Abstract

The object of this study is to determine theoretical ship form which minimises wave making resistance under given conditions and develops theoretical ship form planning.

By employing the streamline tracing method 1967's Korean Standard Ship Form of 10,000 G.T. liner has been reformed and tested at towing tank of Inha Institute of Technology.

The design process and the reformed ship forms had been reported already in reference [4].

In this paper, resistance performance is experimentally observed with three models (original, theoretical, and reformed form) of 2 m long in the towing tank, and total resistance of theoretical and reformed ship forms are decreased by 24.9% and 19.7% and wave making resistance by 66.4% and 47.7% compare to original ship form respectively.

1. 序 論

本論에서는 Inui[1], Pien[2] 등에 의하여 發展되었고, 最近 널리 實用되고 있는 流線追跡法을 使用하여 라이나(liner) 船型の 改良을 試圖하였다.

우선 이 方法에 의하여 船型을 계획하는데 必要한 實際計算機構를 마련하였고, 改良對象船型으로서는 從來의 方法으로 設計된 商工部標準型船[3] 중에서 10,000 GT 級 라이나(liner) 船型을 擇하여, 여기에 流線追跡法을 適用하므로써 改良船型을 決定하였다.

本論에서는 기존船型 M.S. A-00의 抵抗推進性能을 改良하는데 目的이 있으므로 結果를 比較檢討하는데 편의를 도모하기 위하여 船型的 幾何學的 諸元과 要求되는 諸條件들이 같다는 條件下에 船型計算을 수행하였다. 단, 原船型的 速力($V=18.0$ knots)은 라이나(liner)의 그후의 世界的인 추세로 보아 너무 낮은 것으로 생각되므로 本論에서는 原船型的 試運轉速力($V=20.7$ knots)을 새로운 設計速力으로 잡아 船型을 계획하였다.

計算結果로 얻어진 理論船型 및 改良船型和 原船型的 抵抗性能을 仁荷工科大学 船型試驗水槽에서 試驗하고, 그 結果를 比較考察하므로써 改良船型的 抵抗性能이 改善되었음을 確認하였다. 特히 이 試驗을 수행하기 위

*接受日字 1971年 12月 8日
正會員, 仁荷工科大学

하여 模型曳引用 嚮導裝置와 抵抗檢力計를 製作하여 使用하였다.

流線追跡法에 依한 船型의 계획과정과 決定된 船型에 關해서는 이미 文獻[4]에 報告하였고, 本論에서는 새로이 製作使用된 實驗裝置들과 抵抗試驗結果를 文獻[4]에 이어서 報告하고자 한다.

2. 實 驗

2.1 供試船型

改良對象船型 M.S. A-00 와, 理論的인 計算結果를 근거로 決定한 理論船型 M.S. A-12 및 改良船型 M.S. A-1200, 3 隻의 模型船을 製作하여 試驗하였다.

原船型 M.S. A-00 의 主要特性, 線圖 및 模型의 사진은 Table 1, Fig. 1 및 Photo. 1 에, M.S. A-12 의 計算 계획, 線圖 및 模型의 사진은 Table 2, Fig. 2 및 Photo. 2 에 表示되었고, 改良船型 M.S. A-1200 의 線圖와 사진은 Fig. 3 및 Photo. 3 에 表示되었다. 模型의 길이는 모두 2 m 로 하였고, 材料는 피나무를 使用하였으며, 表面에는 에나멜칠을 하였다.

Table 1 Particulars of M.S. A-00

L_{PP}	146.0	m
B	27.80	"
D	12.30	"
T	9.35	"
Δ	19060	tons
∇	18591.8933	m^3
$V(\text{trial})$	20.7 kts	($F_n=0.282, K_0L=12.57$)
$V(\text{sea})$	18.0 kts	($F_n=0.245, K_0L=16.07$)
C_B	0.625	
C_P	0.635	
C_{PF}	0.608	
C_{PA}	0.662	
A_m/L^2	9.38×10^{-3}	
$\nabla/(0.1L)^3$	5.974	
F_0	2.03×10^{-2}	(equivalent to A_m)
F_1	1.25×10^{-2}	(equivalent to ∇)
L/B	6.70	($B/L=0.1493$)
L/T	15.62	($T/L=0.0640$)
B/T	2.33	

Table 2 Design plan of M.S. A-12

L	2.0 m
A_m/L^2	9.38×10^{-3}
$\nabla/(0.1L)^3$	
$2T_0/L$	0.09
V	$K_0L=14$ ($F_n=0.267$)
F_0	2.03×10^{-2}
F_1	1.194×10^{-2}
i_s	$\langle 1, 2, 3, 4 \rangle$
η_s	$0.1(1-\xi^2)^2$
γ_0	$0.1 \left\{ 1 - \left(\frac{\xi}{0.8} \right)^2 \right\}^2$
ζ_B	$0.09(2T_0/L)$
i_α	$\langle 1, 2, 3 \rangle$
condition	$F_0=2.03 \times 10^{-2}$ $F_1=1.194$
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
$d(\xi)$	$I_1=0.1404$ $I_2=-0.4528$ $I_3=0.4893$

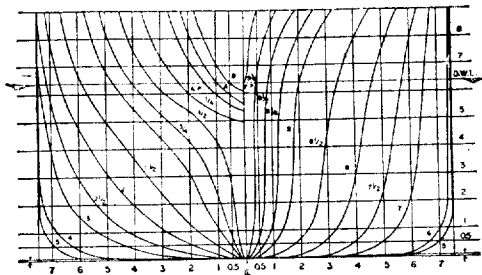


Fig. 1 Body plan of M.S. A-00

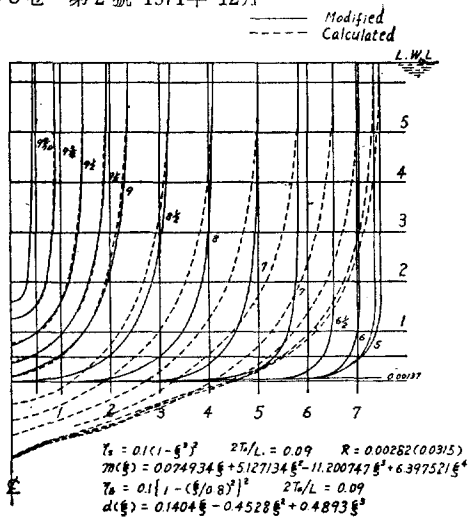


Fig. 2 Body plan of M.S. A-12

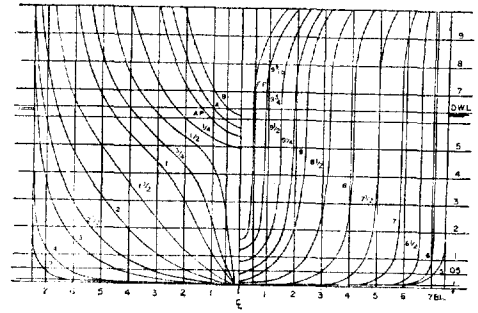


Fig. 3 Body plan of M.S. A-1200

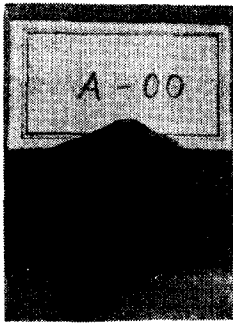


Photo. 1 M.S. A-00

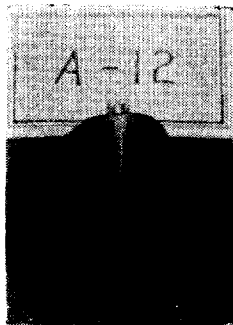
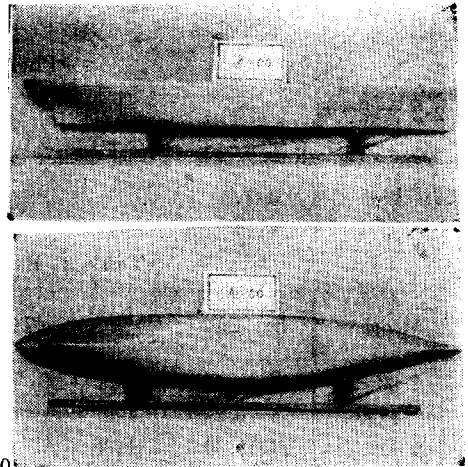
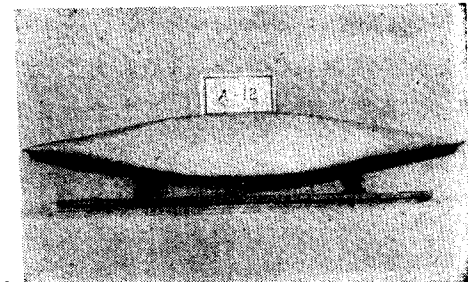
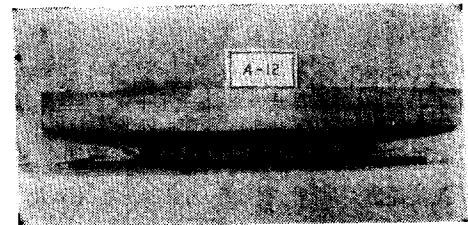


Photo. 2 M.S. A-12



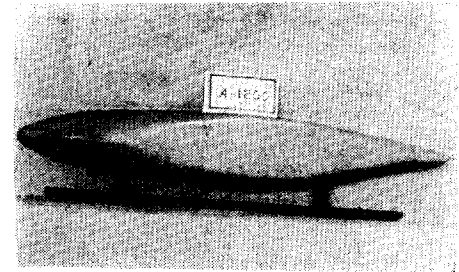
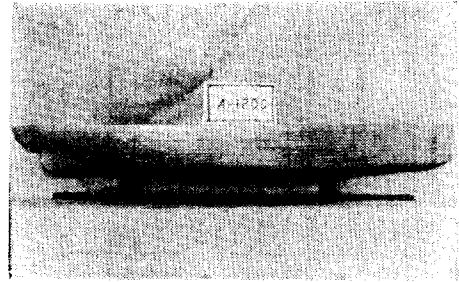
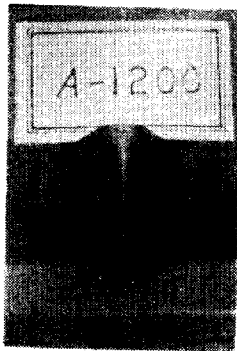


Photo. 3 M.S. A-1200

2.2 實驗狀態

實驗은 Table 3에 表示한 바와 같이 모두 滿載狀態에서 船體의 進行方向을 구속하는 自由嚮導를 使用하여 曳引試驗을 시행하였다.

Table 3 Experimental conditions

Model	Ex. Date	Load condition	Trim (%)	Draft (cm)	d (kg)	S (m ²)	W.T.(°C)
A-00	71.10.28	Full	0	12.8	0.047792	0.8049	12
A-1200	71.10.29	Full	0	12.8	0.047792	0.8049	12
A-12	71.10.30	Full	0	12.8	0.047792	0.8049	11

亂流促進을 위해서는 Tagori의 方法[5]에 따라, 斷面치수 2.1~2.3 mm×1.5 mm×1.5 mm인 銅板(brass) 製梯形斷面못을 製作하여 $9\frac{1}{2}$ 스테이션(station)에 10 mm 간격으로 設어 사용하였다.

2.3 解析方法

試驗結果의 解析에는 다음과 같은 方法을 채용하였다.

抵抗係數: 배의 길이를 기초로하는 $C=R/\frac{1}{2}\rho L^2V^2$ 으로 통일하였다.

摩擦抵抗係數: Shoenherr의 式 $\frac{0.242}{\sqrt{C_{F0}}} = \log(R_n \cdot C_{F0})$ 를 使用하였다.

形狀影響係數: $C_V = C_{F0}(1+k)$ 로 表現되는 Hughes의 方法[6]에 따라 形狀影響係數 k 의 값을 決定하였고, 各 供試模型의 粘性抵抗 C_V 는 모두 같을 것이라는 假定하에 形狀影響係數를 同一하게 定하여 造波抵抗成分을 추출하였다.

3. 實驗裝置

모든 實驗은 仁荷工科學 船型試驗水槽에서 遂行되었고, 이 實驗을 遂行하기 위하여 模型曳引用 嚮導裝置

와 抵抗檢力計를 새로 製作하여 使用하였다.

本船型試驗水槽와 새로 製作使用된 裝置들의 概要는 다음과 같다.

水槽(towing tank) : 水槽의 主要치수는 다음과 같다.

79.00 m(길이)×5.00 m(폭)×2.80 m(수심)

曳引電車(towing carriage) : 曳引電車の 主要特性은 大體로 다음과 같다.

構造 : 트라스(truss) 構造

重量 : 5,000 kg

主要치수 : 5.80 m(길이)×5.50 m(폭)×2.80 m(높이)

車輪 : 400 mm(直徑)×4(個)

速度範圍 : 0.125~2.5 m/sec

速度制御精度 : ±0.5 %

加 速 度 : 0.08 g

動 力 : D.C. 220 v

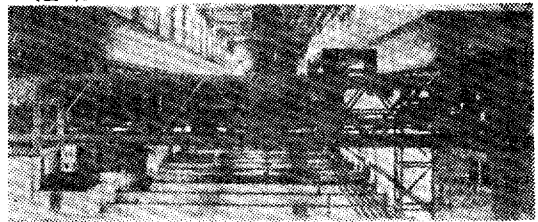


Photo. 4. Towing tank and carriage

各 바퀴마다 0.11~2.3 kw, 32.5~650 rpm 인 直流모-타(motor) 1 臺씩, 計 4 臺 驅動

減 速 機 : 헤리칼 齒車(helical gear) 1 段式, 減速比 1/5.4

非常制動裝置 : 레일 크램프型(rail clamp type) 壓縮空氣式制動機

Photo. 4는 本水槽 및 曳引電車の 개요를 表示한 사진이다.

抵抗檢力計(resistance dynamometer) :

抵抗檢力計는 Fig. 4에 表示된 것과 같이 曳引點(towing point)(A), 曳引桿(towing rod)(B), 지렛대(lever)(C) 및 天秤(balance)(H) 등으로 이루어지는 檢力裝置와 支持裝置(R, D, F), 昇降裝置(E), 檢力計固定裝置(cramp)(T) 및 不平衡力檢出裝置(transducer)(G, M) 등으로 構成되어 있으며, 最高 3 kg 까지 計測할 수 있다.

檢力裝置를 비롯한 모든 裝置들이 塔載된 主臺(F)는 4 個의 나사가 쳐진 기둥으로 支持臺(R)에 連結되고, 이 支持臺(R)는 曳引電車中央의 嚮導레일(K) 上에 固定된다. (E)는 각기둥(D)에 끼운 水平齒車와 체인(chain)으로 構成된 手動式昇降裝置

이고, 模型을 달을 때나 때어낼때 或은 水位에 따라 檢力計의 높이를 변경해야 할 때는 이 裝置에 의하여 主臺全體를 昇降시키므로서 이를 調整한다. (T)는 曳引電車の 發進 或은 停止時에 檢力計가 받게될 충격을 防止하기 위한 檢力計固定裝置이고, 이것은 抵抗을 測定할 때만 풀어 주게 된다. 曳引時의 模型의 抵抗力은 曳引點에서 曳引桿 및 지렛대를 通하여 天秤에 傳達되고, 미리 推定해서 올려놓은 分銅(W)의 무게와 스프

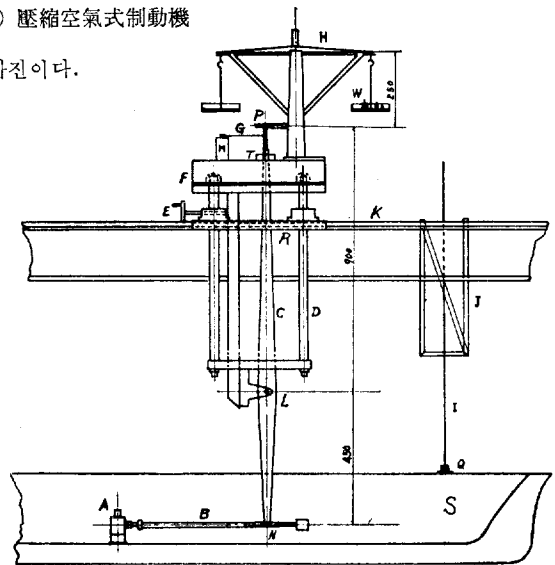


Fig. 4 Device of measuring resistance and towing model.

링(spring)(H)에 걸리는 힘과의 합력과 平衡을 이루게 된다. 지렛대의 팔의 分割比는 1:2로 定했으므로 分銅의 무게와 스프링에 걸리는 힘의 합력의 2倍가 模型의 全抵抗이 된다.

Photo. 5는 試驗狀態에 있는 抵抗檢力計와 嚮導裝置의 개 요를 나타낸 사진이다.

嚮導裝置(towing guide) :

模型船이 試驗水槽의 中心線上을 똑바로 航走케 하기 위해서 는 船體의 上下方向運動(heaving), 前後方向運動(surging) 및 縱搖(pitching)는 自由롭게 하고, 橫漂流運動(swaying), 橫搖(rolling) 및 船首橫振(yawing)은 구속해 주어야 한다. 이와같은 目的으로 Photo. 5 및 Fig. 4의 I, J와 같이 水槽 中心線에 平行한 홈을 갖인 1雙의 木材構造物을 曳引電車 中央의 嚮導레일(guide rail)上에 固定하고, 船體中心線상의 船首尾部 2 곳에 取附된 直立파이프(pipe)가 船體의 前後 및 上下方向으로 自由로히 滑動할 수 있도록 支持케 하였다. 航走方向만을 구속하는 이와같은 嚮導裝置를 自由嚮導(free guide)라 부르고, 縱搖까지 구속한 嚮導裝置를 平行嚮導(horizontal guide)라 부르기도 한다.

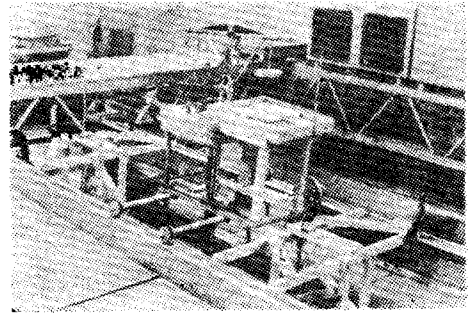


Photo. 5 Resistance dynamometer and towing guide

4. 實驗結果 및 考察

實驗結果는 前述한바와 같은 方法으로 解析하여 各供試船型 M.S. A-00, A-12, 및 A-1200에 對한 抵抗試驗結果曲線들을 各各 Fig.5, Fig.6 및 Fig.7에 表示하였고, Fig.9에는 形狀影響係數를 同一한 값 $k=0.23$ 으로 定하여 全抵抗係數 C_T 曲線으로부터 추출한 造波抵抗係數 C_W 曲線들을 表示하였다.

高次船型[7]에 關한 理論値와 實驗値間의 特記할만한 相違點中의 하나는 實驗結果로 얻은 C_W 曲線의 極小値는 設計速力보다 若干 高速側에 나타나고 그 偏差는 F_n 數로 約 0.02 程度[8]인 것으로 알려져 있다.

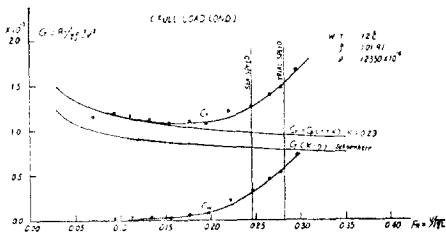


Fig. 5 C_T curve of M.S. A-00

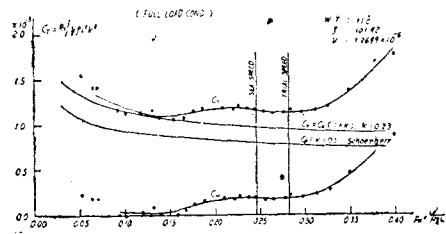


Fig. 6 C_T curve of M.S. A-12

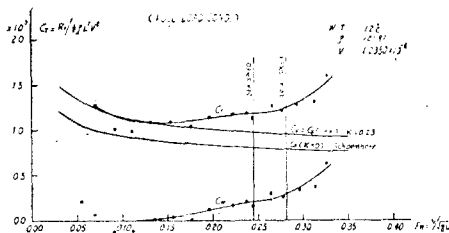


Fig. 7 C_T curve of M.S. A-1200

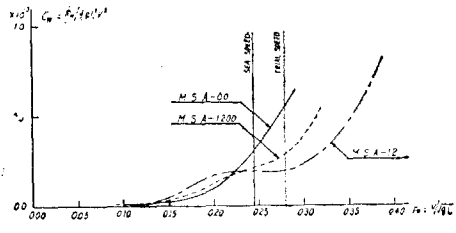


Fig. 8 C_W curves

그러므로 理論船型 M.S. A-12 의 船型計算에서는 이것을 逆으로 利用하여 設計速力 $F_n=0.282$ 보다 若干 낮은 速力 $F_n=0.267$ 로 船型을 계획함으로써 設計速力에서 C_W 曲線의 極小게 되기를 期待하였던바 Fig. 6에 서 보는 바와 같이 좋은 結果를 얻을 수 있었다.

Fig. 5, Fig. 6, 및 Fig. 7 의 全抵抗係數曲線들을 比較하면, 全抵抗係數 C_T 값은 原船型 M.S. A-00, 改良船: M.S. A-1200, 理論船型 M.S. A-12 의 順序로 減少되어 있음을 알 수 있다. 特히 理論船型의 設計速力인 $F_n=0.282$ 에서는 理論船型의 C_T 값은 原船型의 C_T 값의 25.0% 減少되었고, 改良船型은 原船型의 C_T 값의 18.0% 減少되었다. 한편, 理論船型의 設計速力보다 낮은 點인 原船型의 設計速力 $F_n=0.245$ 에서도 理論船型과 改良船型의 C_T 값은 原船型의 C_T 값에 比해 各各 9.4%와 8.0%의 減少를 나타내고 있다.

各供試船型의 形狀影響係數를 同一한 값 $k=0.23$ 으로 定하고 全抵抗係數 C_T 曲線에서 造波抵抗成分을 추출하여 比較表示한 曲線들인 Fig. 8 에 의하면, 理論船型뿐만 아니라 改良船型까지도 原 및 改良 兩船型의 設計速力을 包含하는 $F_n=0.23$ 以上の 範圍에서 原船型에 比하여 造波抵抗性能이 현저히 向上되었음을 알 수 있다. 即, 理論船型의 設計速力 $F_n=0.282$ 에서는 理論船型과 改良船型의 造波抵抗係數 C_W 값은 各各 原船型의 C_W 값의 66.4%와 47.7% 減少되었고, 原船型의 設計速力 $F_n=0.245$ 에서도 역시 理論船型과 改良船型의 C_W 값은 各各 原船型의 C_W 값의 36.0%와 29.0% 減少되었음을 表示하고 있다.

이와같은 結果로 미루어볼 때 船體의 抵抗性能을 改善함에 있어서, 船首波의 極小化를 主眼으로한 理論船型의 前半部와 原船型의 後半部를 組合하는 本論에서 採用한 船型改良法은 實用化를 위하여 平底化修正까지 施行하였음에도 不拘하고 所期의 成果를 얻을 수 있음을 確認할 수 있다.

5. 結 論

原型 M.S. A-00, 理論船型 M.S. A-12 및 改良船型 M.S. A-1200 의 3隻의 模型에 關한 抵抗性能을 仁荷工科大學船型試驗水槽에서 試驗하여 그 結果를 考察한 바 다음과 같은 結果를 얻었다. 이 試驗을 위하여 模型曳引用嚮導裝置와 抵抗檢力計를 새로 製作使用하였다.

全抵抗係數를 比較하면, 理論船型과 改良船型의 C_T 는 理論船型의 設計速力 $F_n=0.282$ 에서는 原船型의 C_T 의 25.0%와 18.0%減少 되었고, 原船型의 設計速力 $F_n=0.245$ 에서는 原船型의 C_T 의 9.4%와 8.0%減少 되었다. 造波抵抗係數 C_W 만을 比較하면, 理論船型과 改良船型의 C_W 는 理論船型의 設計速力에서는 原船型의 C_W 의 66.4%와 47.7% 減少되었고, 原船型의 設計速力에서는 原船型의 C_W 의 36.0%와 29.0% 減少 됨으로서 改良船型의 抵抗性能이 改善되었음을 明白히 나타내고 있다.

以上 結果에 本船型改良法의 有効성이 確認되었다.

後 記

本論은 仁荷工科大學 船型試驗水槽에서 遂行된 첫 研究이다. 이 機會를 통하여 本水槽建設을 위하여 積極의 으로 支援해 주신 大學當局에 對하여 깊이 感謝드린다. 그리고 이 研究를 해오는 동안 줄곧 애써준 朴魯植, 元容法兩助教와 模型製作에 誠意를 다해준 洪承翰君을 비롯하여 金振澤君, 池秀裁君에게 謝意를 表한다.

參 考 文 獻

- [1] Inui, T.: "Study of Wave-Making Resistance of Ships", *S.N.A.J.*, 60 th *Anniversary Series*, Vol.2, 1957
- [2] Pien, P.C.: "The Application of Wave-Making Resistance Theory to the Design of Ship Hull with Low Total Resistance", 5 th *Symposium on Naval Hydrodynamics, O.N.R.* 1964
- [3] 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
- [4] 曹奎鍾・洪性完: "流線追跡法에 의한 Liner 船型의 改良", 大韓造船學會誌, 7-2, 1970
- [5] Tagori, T.: "A Study of the Turbulence Stimulation Device in the Model Experiment on Ship Form," *Proc.*, 10th *I.T.T.C.*, 1963
- [6] G. Hughes: "The Influence of Form and Scale on Model and Ship Resistance", *Proc.*, 10 th *I.T.T.C.*, 1963
- [7] 乾 崇夫: "造波抵抗シンポジウム", 日本造船協會, 1965
- [8] Inui・Kajitani・Fukutani・Yamaguch: "on Wave-Making Mechanism of Ship Hull Forms Generated from Undulatory Source Distributions", *Selected Papers from Journal of S.N.A.J.*, Vol.4, 1970