

Planing Hull 의 船型選擇에 따르는 流體力學的 考察

朴 先 英* · 崔 相 赫*

The Hydrodynamical Study on the Selection of Planing Hull Forms.

By Sun Young Pak, Sang Hyouk Choi

Abstract

Ship designers make every efforts to get faster ships in accordance with the development of the Naval Architecture. But for the speed lying over factor speed length ratio 2.5—3.0, we could put a powerful engine into the conventional round bottom displacement type vessels, but it is very difficult in view point of economy, weight and volume. The princinpial cause of these speed obstacles is the wave making resistance and researchers are trying to decrease this resistance.

One of the resolving ways, planing hulls were applied to small high speed boats. planing hull's advantage is not restricted to speed, but the workmanship of the planing hull is easier than those of displacement type vessels of round bottom. Planing hulls, therefore, are widely applicable to the intermediate speed boats, which don't have enough high speed to take planing advantage, as well as high speed boats.

We will discuss related phenomena of the planing hull in details and in this paper we particularly interested in the interjection point (speed length ratio 3.0—3.5 by Mr. D. De Groot) between semi-planing and full planing hulls on the resistance characteristics curve. The paper by prof. Keuck Chun Kim, "Some Characteristics of Straight Framed V-bottom Hull Forms", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol.1, No.1, Dec. 5, 1964, is referred to the V-bottom hull forms belonging to low speed region and determines practical applicable limit of the speed length ratio combined with construction costs, under which are still used by large commercial vessels. This is the interesting contrast between his and authors. We will further discuss the speed length ratio which is considered as a beginning point to planing effect.

For this analysis, we choose 3 model ships:

Model (1) and (2) have the same principal dimensions, model 3 varied dimension. Model (1) is full-planing hull, (2) is semi-planing hull and (3) is complete planing hull.

They are aimed to collect proper design data for purposed ships.

1. 概 論

造船學의 發達에 따라 速力을 얻으려는 努力은 구준하였으나 在來의 排水量型으로서는 速力長比 2.5~3.0

原稿受理日字 1965年 5月 15日

* 正 會 員 海軍鎭海工廠

** () 안의 數字는 本論文末尾에 紹介한 引用文獻의 番號임

以上の速度를 얻기에는 莫大한 힘을 提供하여야만 되었으며 이는 매우 힘든일이다. 이러한 速度障碍의 主要原因이 되는 造波抵抗을 피하기 爲한 研究가 繼續되었으며 한 方途로써 Planing Hull (滑走型 또는 平板型外板)이 主로 小型高速艇에 利用되게 되었다. 이러한 小型船舶에 對한 Planing Hull의 利用도는 그 工作의 簡便性 때문에 高速뿐 아니라 充分한 滑走現像이 일어나기 前인 中速에서도 利用되는 境遇가 많기때문에 이러한 點을 中心으로 Planing Hull의 諸現像을 檢討하려하며 大韓造船學會誌 第1卷 第1號에 掲載된 金極天教授의 “V型直線船型의 特性”에서는 低速船에 對한 V型直線船型의 特性을 論하였으나 本章에서는 高速에 屬하는 曲線型(Semi-Planing Hull)과 直線船型(Pure Straight Planing Hull) 사이의 推進特性의 分枝點(D. De Groots氏에 依하면 速度長比 3.0~3.5) 및 滑走現像이 일어나기 始作하는 境界點에 對한 檢討라하겠다.

이러한 檢討는 LBP 25.3 피트 排水量 3 톤, 速度 20 노트 以上の 小型船에 對한 高速에서의 滑走現像과, LBP 42 피트, 排水量 12 톤, 速度 20 노트 未滿의 中速에 對한 曲線船型과 直線船型 사이의 推進特性을 模型試驗을 通하여 比較考察하고 本艇들의 設計資料를 獲得함에 그 目的을 두었다.

2. 船 型 選 擇

滑走型船型의 設計에 있어서 大部分의 幾何學的 特性이 Chine Line의 決定에 依하여 形成되기 때문에 Chine의 設計에 特히 留意하여 文獻 [3]을 參照로 table 1에 掲載한 範圍內에서 Chine을 設計하였다.

Table 1. The geometric characteristics of the chine.

Item	The range
Wetted length / max chine beam	3-4
The position of the point of maximum chine beam.	0.55-0.65 LWL abaft the FP
The chine beam at the transom	0.80-0.90 of Bc (max)
The chine height at sta O above designed water line.	at least 0.06 LWL
The cross point of the chine and the water line at rest.	station 3-station 5
The chine line from sta. 6-7 to the stern.	straight
The chine depth at station 10	0.010-0.030 LWL

充分한 滑走現像이 일어나면 下記 (1) (2) 式에서 보는바와 같이 水面接觸기리는 從方向 重力中心과 水面 밑에서 받는 水壓中心과의 Moment 均衡이 잡히도록 決定되며 滑走時의 水面接觸기리는 트림角度를 左右한다.

$$AP \text{에서 水壓中心까지의 距離} = K(LWS)\lambda^n \tag{1}$$

$$k = \frac{0.84 + 0.015\beta}{\theta^m} \tag{2}$$

$$n = -(0.05 + 0.01\beta)$$

$$m = 0.125 + 0.0042\beta$$

$$R = L \tan \theta + F \tag{3}$$

여기에서

Lws = Wetted Length

θ = Trim 角度

β =Chine 밑 平板의 Dead Rise angle

λ =Lws / 平均 Chine Beam

R=總抵抗

F=摩擦抵抗

上記式에서와 같이 實在의 트림角度는 滑走時에 미치는 抵抗에 作用되며 가장 적은 抵抗을 받을 수 있는 트림角度 4°의 範圍에 오도록 LCG의 範圍는 0.537 LWL~0.567 LWL 이 理想的으로 提示된다. MODEL—No. 1, —No. 2, —No. 3 는 위에 提示된 範圍內에서 設計되었으나 中速船設計에 있어서 第一案인 No. 1은 直線型 Full Planing Hull 로 設計하였으며 第二案인 No. 2는 速力長比 3.0—3.5 까지는 直線型보다 排水量型인 曲線型이 有利하다는 見地에서 No. 1 과 幾何學的特性이 同一한 條件下에서 Chine 밑 部分에 曲線을 擇한 Semi-Planing Hull 로 設計하였으며 모든 幾何學的特性은 Table 2에 明示 되었으며 그 線圖는 Fig. 1, 2, 3 과 같다.

Table 2. Summary of hull forms.

Model No.	No. 1	No. 2	No. 3
Length over all (m)	13.66	13.60	8.53
Length between perpendiculars (m)	12.8	12.8	7.7
Beam at midship (m)	3.7	3.716	2.86
Draft (max) (m)	0.8	0.75	0.41
Max. chine beam (m)	3.15	3.15	2.55
Displacement, SW. (tons)	12	12	3
Wetted surface (m ²)	39.7	39.7	21.5
LWL / BC (Max)	4.06	4.06	3.15
Mean dead rise angle	8.5		8.5
L. C. B (m) (From midship toward AP)	0.9	0.77	0.15

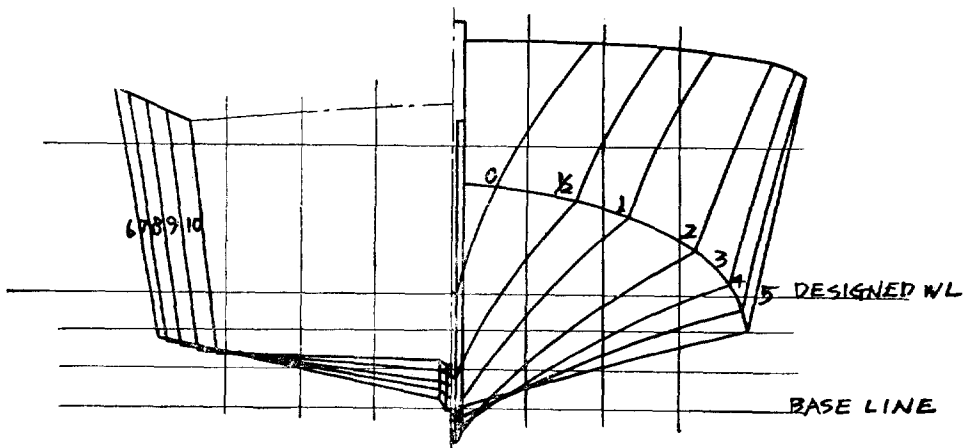


Fig. 1 Body Plan of No. 1 Model

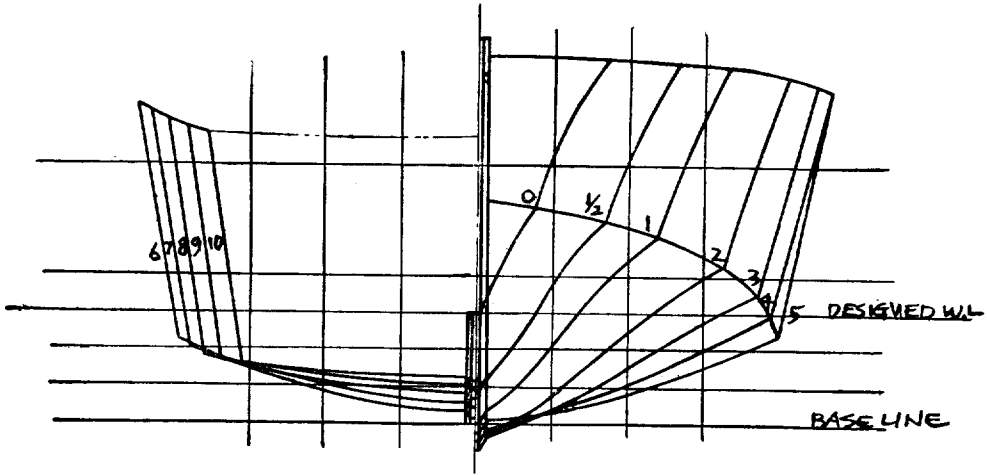


Fig. 2 Body Plan of No. 2 Model

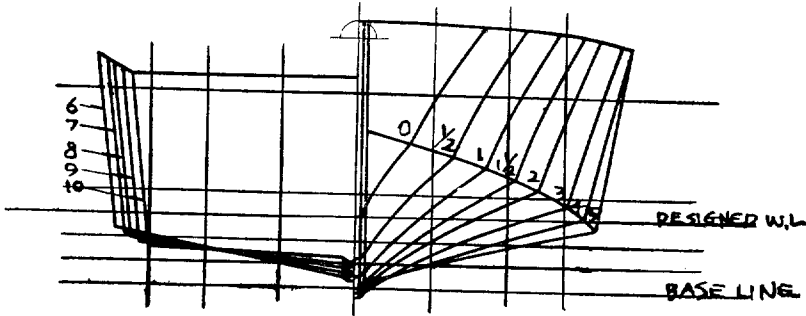


Fig. 3 Body Plan of No. 3 Model

3. 模型試驗 및 結果

本試驗을 實施한 서울工大 水槽가 重力式인 關係로 高速에서의 試驗은 事實상 不可能하게 되어있으나 速力長比 2.0까지는 믿을만한 測定值 였으며 그 以上の 試驗值에 對하여는 傾向性을 把握할 수 있는 資料로 使用되었다.

模型의 크기는 No. 1, No. 2에 있어서 縮尺 1/18, 即 垂線間長 28 in, 무게 4.5 lbs이며 No. 3는 縮尺 1/12, 垂線間長 25.5 in, 무게 4 lbs 이다. 모든 試驗은 Fair Hull에서 實施되었으며 stimulator는 使用하지 않았다. 摩擦抵抗係數의 算出은 水溫 70° F에서 DTMB Table上에 나온 Shoenherr 式的 計算值에 의거하였으며 表面粗度係數 0.4×10^{-8} 을 使用하였다. 抵抗計算에 必要한 Wetted surface의 推定은 模型上에 눈금을 表示하여 각각의 速度에서 Wetted Length를 映寫撮映에 依하여 量하였으며 No. 1과 No. 2에 있어서는 速力長比 3.0까지 Wetted Length의 變化가 거의 없었으므로 一定한 값으로 計算되었다. 트림 角度의 測定은 事實상 不可能하여 推定할 수 없었으나 映寫機에 依한 촬영으로 船首가 어느정도 틀리는가를 판단할 수 있었다. 以上과 같은 方法으로 試驗된 結果는 Fig. 4, Fig. 5에 表示되었으며 高速에서의 試驗이 不確實한 것이지만 傾向性을 把握하기에는 價値있는 結果를 얻었다고 본다.

4. 試驗 分析

試驗結果에 의한 抵抗係數 Curve 에서 보는바와 같이 速度長比 약 1.7 까지의 速度增加에 있어서는 在來의인 排水量型과 同一한 增加率을 나타내며 速度增加로 揚力을 얻는데 따라 速度長比 1.7 以上에서 부터는 剩餘抵抗係數 C_R 는 減少된다. 特히 No.3 의 境遇 C_R 는 速度長比 3.2 까지 繼續 下減됨을 볼 수 있다. (No.1, 2 는 速度長比 3.0 以上에서는 試驗하지 못하였다.) 이 點에서 부터 顯著的한 滑走現像이 일어나서 Wetted Length 가 급격히 減少되며 take-off 가 일어나기 시작한다. 이때부터의 剩餘抵抗 R 는 $L \tan \theta$ 即 $\Delta \tan \theta$ 에 해당되는 값에 마브르게 된다. 大部分의 경우 速度長比 1.7~3.0 까지 揚力을 얻기 始作되는 範圍內에서는 船首部分에서 揚力을 많이 받기 때문에 트림角度가 크며 速度增加에 따라 速度長比 3.0~3.5 에서 船首波가 激減되며 Take off 되어 4°~5° 정도의 트림角度를 上廻한다. 그 以上의 速度에 對하여는 試驗值을 얻지 못하였으므로 正確히 言及하기에는 힘드나 C_R 이 거의 一定值를 維持하고 C_F 가 약간 增加됨으로 總抵抗係數 C_T 는 多少 增加하는 傾向이 일어난다.

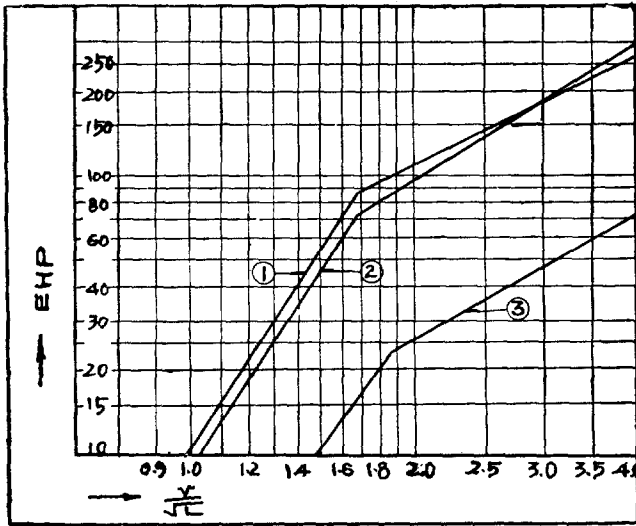


Fig. 4 Breaks in Effective Horsepower Curves

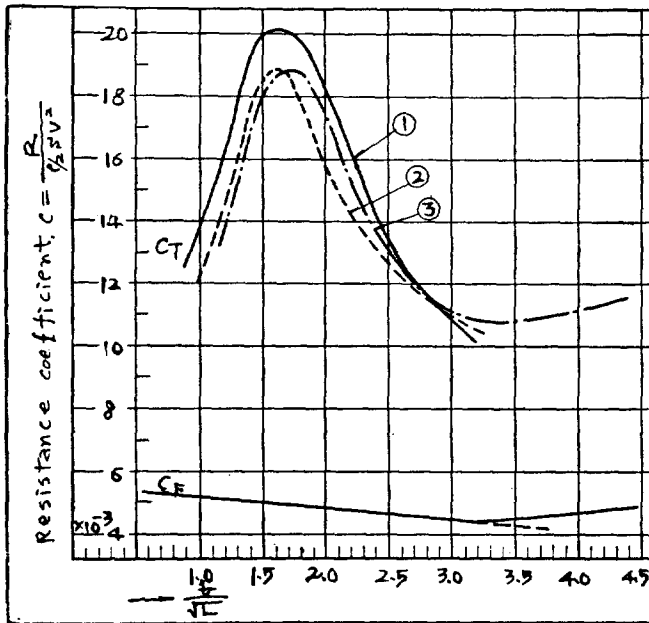


Fig. 5 Resistance Coefficients Curves

No. 1, No. 2의 性能比較試驗은 速度長比 2.9까지는 曲線型을 擇한 No. 2가 有利한 結果를 얻었으며 실제상으로 完全한 滑走現像이 일어나기 始作한 速度長比 3.0~3.5 사이에서 두 曲線이 交叉될 것으로 豫想하였으나 試驗曲線上에서 速度長比 3.0 未滿에서 交叉되었음은 高速에서 正確한 試驗을 할 수 없었던 結果로 推定된다.

Fig. 4 EHP Curve에서 速度長比 1.5, 即 10 노트와 速度長比 2.3 即 15 노트사이에서 EHP 10 HP 以上 差異로 推進効率을 50%로 推算할때 BHP 20 HP 以上으로 直線型 Full Planing Hull 보다 曲線型인 Semi Planing Hull 이 約 10% 정도의 推進効率이 有利함을 明示한다.

5. 結 論

模型試驗을 통한 Planing Hull의 諸現像을 檢討하여 볼때 完全한 滑走現像을 이룰수 있는 範圍는 速度長比 3.5 以上이어야 되며 이와같은 事實은 여러文獻上에도 提示된 것으로서 이때에 船體는 中央斷面까지는 水面에서 들리므로 船首方向에서 直線型이나 曲線型을 擇함에 關係없이 中央斷面 以上에서는 直線型을 擇하여 設計하는 것이 有利한 結果를 얻을 수 있다.

速度長比 3.0 以下の 中速小型船에서는 直線船型(Full Planing Hull) 보다 曲線을 加味한 Semi-planing Hull을 擇하는 것이 有利한 結果이며 本艇의 設計目的으로 보아 Full Planing Hull이 Semi-planing Hull 보다 効率이 上廻하는 速度에서의 運航은 非常時에만 要求되는 速度임으로 普通인 境遇 그 以下에서 運航이 企圖될때 그 取捨가 分明해진다. 또 하나의 特記할 事實은 그 工作上에 있어서 Chine 下部의 曲線屈曲率이 심하지않고 chine 上部는 直線을 擇할 수 있으므로 曲線排水量型 보다 簡便하며 中速에서의 効率面에서도 越等하다는 點을 잊어서는 아니된다.

Chine 幅과 길이에 對한 考察에 있어서 普通 幅이 큰편이 有利한것으로 알려져 있으나 이에 對한 明確한 檢討는 앞으로 繼續研究되어야할 問題로 남아있다.

서울大學校 工科大學에 있는 Towing Tank는 우리나라에서의 唯一한 Towing Tank이며 모든 研究의 溫床이 되어야 할것임으로 그 裝備의 現代化에 努力을 아끼지 않아야하겠다. 특히 本試驗을 通하며 느낀바는 高速試驗을 할수없고 諸現像을 水上뿐 아니라 水中에서 Fish eye view 로도 촬영 할수 있는 施設을 갖추어야하겠다.

끝으로 本試驗을 할수있도록 諸般便宜를 提供하여준 서울工大에 謝意를 表하며 財政的인 後援을 아끼지 않은 海軍本部 艦政監任과 模型製作등 모든 準備를 協助하여준 海軍工廠 文武官에게도 感謝를 드리는 바이다.

參 考 文 獻

- [1] 日本 舟艇協會 出版部版 造艇要覽 1962年
- [2] H. E Saunders: "Hydrodynamics in ship design" vol. 1, chapter 30, SNAME 1957.
- [3] H. E Saunders: "Hydrodynamics in ship design", vol. 2, chapter 77, and 53, SNAME 1957.
- [4] Murrage, B. B.: "The Hydrodynamics of Planing Hulls", SNAME 1950, pp 658—692.
- [5] Clement, E. P.: "The Analysis of Stepless Planing Hulls", SNAME Ches. Sect., 3 May 1951.