

## V 型直線船型의 特性

金 極 天\*

### Some Characteristics of Straight-Framed V-Bottom Hull Forms.

By Keuck Chun Kim

#### Abstract

As a pre-study for researches on powering characteristics of straight-framed V-bottom hull forms for usual commercial vessels, practicability of such a hull is investigated from viewpoints of over-all ship economy.

For this purpose, a trawler hull of straight-elements with double chines, SV(T)-1, similar to Prof. Nevitt's W-8 in size and hull form coefficients was designed and tested at the SNU Ship Model Towing Tank for resistance measurements. The result is given in Fig. 3 together with those of W-8 and other equivalent hulls of double curvature, such as FAO 135a-173, Doust and Takagi. The curves of the latter are reproduction of Prof. Nevitt's analysis, and given for comparison purposes. Within speed range of 9.0~10.5 knots the resistance coefficients of SV(T)-1 are 18~25 % higher than those of W-8, and 5~20 % and 12~14 % higher than those of FAO 135 a-173 and Doust respectively. SV(T)-1, however, is slightly superior in resistance characteristics than Takagi's equivalent hull within the speed range.

On the other hand, an equation for reduction rates of hull construction cost required to compensate for propulsion power increase in straight-elements hulls was derived from the definition of the economic efficiency of commercial vessels. The solution of the equation is given in Fig. 4 graphically, from which it is known that 10~20 % increase in propulsion power can be compensated by 8~16 % reduction in hull construction cost.

Considering simplicity and less equipments required in construction of straight-elements hulls, the author does argue for attainability of the above reduction rates in hull construction cost. Consequently, it is concluded that there is clear feasibility to adopt straight-elements hulls for usual commercial vessels of medium and small-size. And a further research will be done to obtain reliable data for chine shapes having good flowliness with the flow around ships depending on ships' size and speed.

#### 1. 緒 言

本論文에서 V型直線船型이라 함은 船底形狀이 V型이고 船體外殼面이 直線要素 即 平面, 圓筒面, 圓錐面 등과 같은 展開可能한 單曲面으로 構成된 船型을 뜻한다.

이 種類의 船型은 U型普通船型에 比하여 두 가지 顯著한 特性을 가졌는데, 하나는 肋骨材나 外板材를 加工成形하는데 있어서 局部的 또는 全面的으로 伸張하지 않고도 쉽게 必要한 船殼形狀을 얻을 수 있는 利點이

고, 다른 하나는 中速船 또는 排水型 高速艇으로서는 推進特性이 不利하다는 點이다.

中高速艇으로서의 V型船型的 推進特性에 關한 系統的 研究로서는 EMB Series 50에 對한 Davidson 및 Suarez 兩氏의 研究結果[1]\*\*이 한 重要한 報文인데, 이와 Nordström 氏의 U型高速艇에 關한 系統的 研究結果[2]를 比較考察한 D.De Groot 氏의 報文 [3]에 의하면 速力—長比 3.0~3.5를 分點으로 하여 그 以下의 船速에서는 U型船型에 比하여 V型船型的 推進特性이 不利하다는 結論이다.

鋼製 一般商船에 있어서 바아지와 같은 極히 低速인 特殊船을 除外하고는 이 船型的 採用을 甚히 忌避하여 是 理由는 主로 推進特性의 不利性 때문인데, 商船의 全體的 經濟效率을 考慮할 時 前記 理由만으로 이 船型的 採用을 全的으로 忌避한다는 것은 再考할 餘地가 많다. 即 船舶의 크기와 推進馬力의 어떤 範圍內에서는 建造施工面上의 利點이 抵抗增加를 報償하고 남음이 있을 것으로 믿어진다.

世界 2次大戰中 美國에서 建造上의 容易, 迅速性を 높이 評價하여 이 種類의 船型을 小型貨物船에 大幅의 으로 採用할 일이 있고, 最近에는 美國의 Gladding-Hearn 造船所에서 船長 約 60' 未滿의 小型鋼船에 全的으로 이 船型을 採用하고 있는 事實[4], 및 D.S. Simpson 氏가 그의 論文[5]에서 船長이 50'~60' 以上인 船舶, 特히 排水量이나 트림의 變化가 빈번하고 또 거치른 海上에서 就業하게 되는 漁船과 같은 船舶의 境遇라면 二重背骨陵線을 가지는 直線要素船型을 效果의 으로 採用할 수 有으리라는 示唆과 더불어 典型的인 Boston 트로울러의 船型을 이 船型으로 修正한 한 試設計를 提示한 일 등은 注目하여야 할 일들이다. V型直線船型의 大坦한 採用으로 船型的 單純化를 期하는 일은 工業的 後進地域에서 적은 初期投資로 迅速한 船腹增加가 要請되는 境遇라면 特히 重要한 課題일 것이다.

本研究는 中速에 있어서의 V型直線船型的 抵抗 및 推進特性에 關한 한 系統的 研究를 爲한 豫備研究로서 綜合的 經濟性見地에서 이 船型的 開發可能性與否를 究明할 것을 目的으로 한다. 이를 爲하여 最近에 Nevitt 教授가 一連의 系統的 研究를 거쳐서 마련한 排水量 300噸級 트로울러의 基準船型系列[6] 中에서 普遍的인 幾何學的 特性을 가진 W-8을 供試基準船型으로 擇하고 이를 V型直線船型으로 修正한 試設計의 模型試驗에 의 한 抵抗測定結果를 土臺로 하여 두 船型에 있어서의 綜合的 經濟性を 比較 考察하였다.

## 2. 供 試 船 型

Nevitt 教授의 트로울러基準船型系列은 柱形係數가 各己 0.55, 0.60, 0.65 및 0.70의 것 4種으로 區分되 어 있는데, W-8은 柱形係數 0.65에 該當한다. 이 系列은 Webb Institute of Technology의 Robinson Model Basin에서 行하여진 20餘個의 模型에 對한 系統的 試驗結果를 土臺로 하여 얻어진 것인데, 特히 W-8은 그 와 類似한 幾何學的 特性을 가진 FAO 135 a-175, 및 Takagi 系列이나 Doust 系列中的 等價船型 보다 優秀한 抵抗性能을 가졌다. W-8을 V型直線船型으로 修正한 試設計를 以下 SV(T)-1이라고 呼稱한다.

SV(T)-1 및 W-8의 幾何學的 特性은 Table 1과 같다. 參考로 Nevitt 教授의 다른 基準船型의 幾何學的 特性도 함께 紹介하였다. Fig. 1은 SV(T)-1의 正面線圖 및 船首船尾形狀이고, Fig. 2는 滿載吃水線面의 形狀 및 橫斷面面積曲線이다. 直接의 比較를 爲하여 이들 그림에 點線으로 W-8의 形狀을 表示하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 SV(T)-1은 二重背骨陵線과 箱子型龍骨을 가졌다. 滿載吃水線의 入角을 W-8과 같게 하 면서 必要充分한 船首部甲板面積을 確保하기 爲하여 水線下 船首脚部形狀이 주켜 세워졌는데, 이와 같은 形狀은 航路安定度見地에서는 좋지 못하겠으나 壓力抵抗 見地에서는 此種 船型的 境遇 오히려 要望되는 形狀이다.

\*\* [ ] 內의 數字는 本論文末尾에 紹介한 引用文獻의 番號임.

Table 1 Summary of hull form particulars.

Model No.	Author's SV(T)-1	Nevitt's Parents.			
		W-8	W-16	W-18	W-20
Length, BP. (ft)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Length, LWL. (ft)	103.12	103.12	103.12	103.12	103.12
Beam, molded. (ft)	22.00	22.08	24.04	23.02	21.31
Draft, amidship. (ft)	9.60	9.63	10.40	10.00	9.25
Displacement, sw. (tons)	300	300	300	300	300
Wetted surface (ft <sup>2</sup> )	2,764	2,715	2,804	2,743	2,734
Block coefficient	0.497 (0.482)	0.494 (0.479)	0.420	0.456	0.533
Prismatic coef.	0.650 (0.63)	0.650 (0.63)	0.554	0.597	0.700
Max. section coef.	0.765	0.760	0.758	0.764	0.761
Waterplane coef.	0.78 (0.757)	0.779 (0.755)	0.687	0.731	0.829
Vertical prismatic coef.	0.637	0.634	0.612	0.624	0.642
Lbp/beam	4.545	4.529	4.159	4.344	4.692
Lbp/draft amidship	10.417	10.38	9.62	10.00	10.81
Beam/draft amidship	2.292	2.29	2.31	2.30	2.30
LCB/L aft FP	0.5239 (0.5080)	0.5155 (0.4999)	0.5364	0.5265	0.5089
$\Delta/(0.01L)^3$	300 (273.6)	300 (273.6)	300	300	300
$\nabla/(0.1L)^3$	10.5 (9.58)	10.5 (9.58)	10.5	10.5	10.5
$S/\sqrt{\nabla L_{bp}}$	2.697	2.650	2.736	2.677	2.668
1/2 entrance angle (degree)	22	22	8.5	16.1	30.6
$t_e$	0.70	0.90	0.26	0.53	1.60

Note: Form coefficients are based on draft to fairbody at amidship, and length between perpendiculars for direct comparison with Prof. Nevitt's parent hull forms. However, for the comparison with data from other sources, the values based on load waterline length are also indicated in parentheses followed.

V型直線船型の 設計에 있어서 特別 留意할 일은 稜角을 크게 할 일, 浸水面積의 增加를 抑制할 일, 壓力 抵抗見地에서 가장 適切한 稜線形狀을 決定하는 일등인데, 前者의 두 條件은 二重背骨稜線의 採用으로 滿足할 만큼 充足시킬 수 있었으나, 稜線形狀에 關하여서는 資料의 不足과 또 이는 이 豫備研究에 뒤이어 系統的으로 變化를 주어 가면서 研究하여야 할 가장 重要한 因子임을 考慮하여 우선은 文獻 [4]의 Fig. 1, [5]의 Fig. 6, 및 [7]의 Fig.77.1을 參考로 하여 決定하는 程度에 그쳤으므로 滿足할 만한 形狀이라고는 볼 수 없다.

### 3. 模型試驗 및 結果

SV(T)-1과 W-8 兩者의 模型試驗結果를 直接 比較하기 爲하여 縮尺影響, 模型의 表面狀態, Blockage 係數, 亂流促進 등을 兩者에서 同一하게 하기 爲하여 細心한 注意를 하였다. 이 點에 있어서 Robinson Model Basin의 크기 (93'×10'×5')가 서울大學校 模型船曳引水槽의 크기 (120'×10'×5')와 비슷하다는 것은 甚多 幸한 일이었다. 模型의 크기는 縮尺 1/25, 即 垂線間長 48 in, 무게 43.01 lbs이다. 木製模型의 表面에 와니

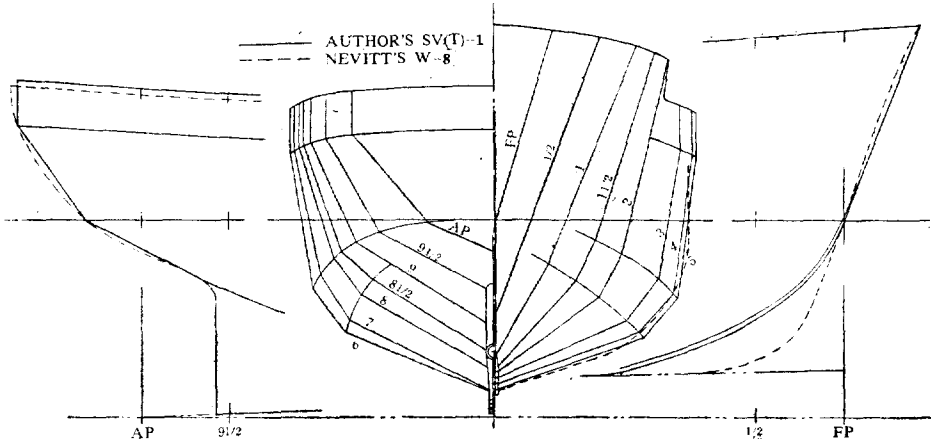
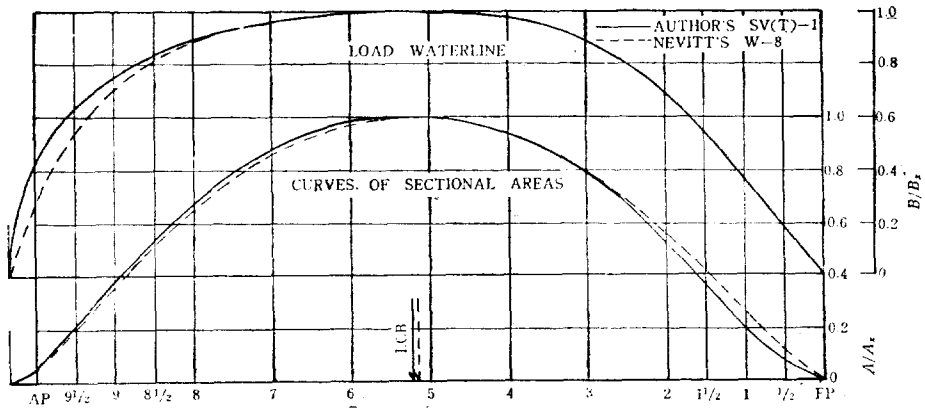


Fig. 1 Body plan and profiles of bow and stern.



SV(T)-1

STA.	AP	9 1/2	9	8 1/2	8	7	6	5	4	3	2	1 1/2	1	1/2	FP
A/A <sub>x</sub>	.043	.218	.381	.548	.668	.889	.985	1.000	.942	.799	.544	.375	.212	.075	0
B/B <sub>x</sub>	.439	.629	.765	.848	.886	.955	1.000	1.000	.970	.894	.697	.553	.356	.182	0

Fig. 2 Curves of LWL and sectional areas.

스를 2회 칠하였다. 亂流促進을 爲하여 眞鍮製 핀이 使用되었다. 핀의 取付要領은 다음과 같다. 即 水線面 以下에 있어서, 船首로부터 水線에 沿하여 模型表面上 4 in 떨어진 點과 水線과 船首와의 交點에 그은 接線이 龍骨線과 만나는 點으로부터 龍骨線에 沿하여 4 in 떨어진 點을 잇는 線에 左右舷 各 1 列式 取付하되, 速力-長比 0.687을 分點으로 하여 그 未滿의 曳引速에서는 크기 1/4 in 徑×1/16 in 高 및 1/8 in 徑×0.035 in 高의 핀을 3/8 in 間隔으로 交代로 取付하였고, 前記 速力-長比 以上에서는 크기 1/8 in 徑×0.035 in 的 핀을 1/4 in 高 間隔으로 取付하였다. SV(T)-1의 模型에 附加物로서 100 ft 實船치수로 換算하여 6 in 幅×4 in 高의 箱子型

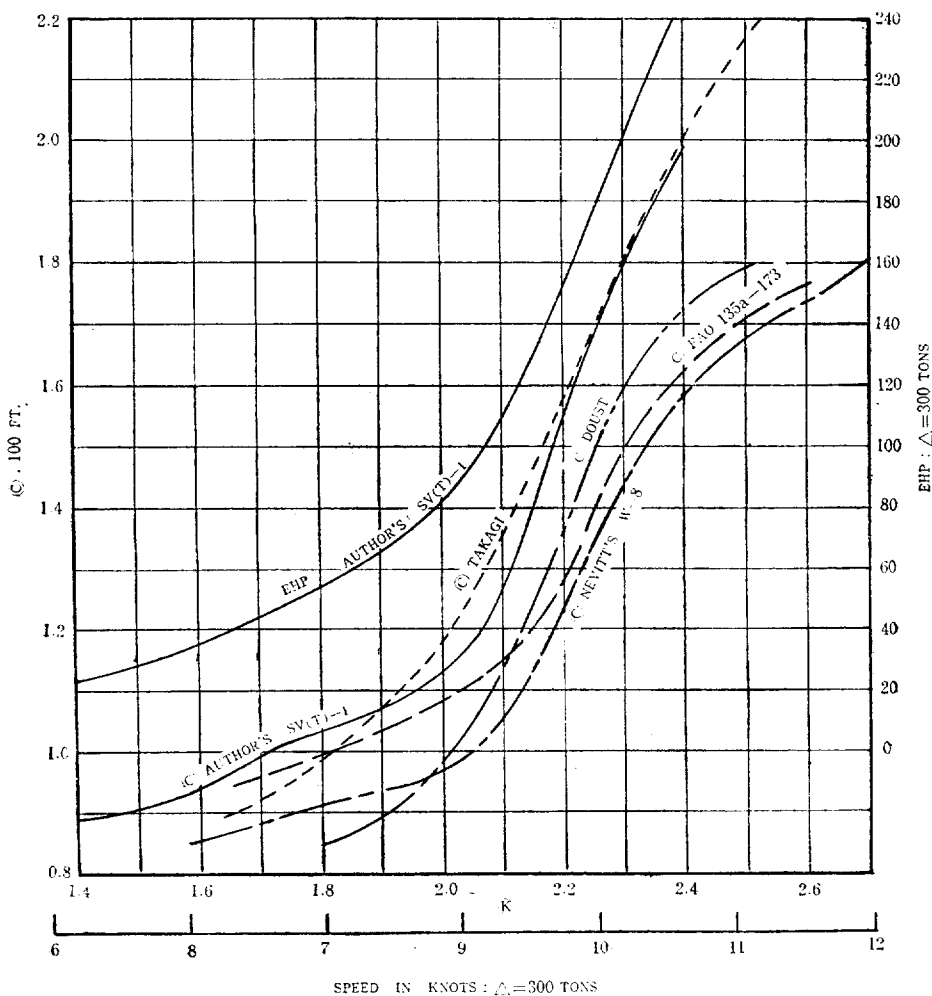


Fig. 3 Expanded resistance curves

SV(T)-1 : Author's straight-framed V-bottom hull.

Others : Reproduced from [6] for the author's discussion.

龍骨이 取付된 것 外에는 兩者에서 다른 點이 없다.

摩擦抵抗係數算定은 水溫 70°F를 基準으로 하여 1957年의 國際曳引水槽會議에서 採擇한 摩擦抵抗係數曲線에 依據하였다. 同曲線은  $C_f = 0.075 / (\log_{10} R_e - 2)^2$ 으로 表示된다[8]. 表面粗度係數로서는  $0.4 \times 10^{-3}$ 을 使用하였다.

以上과 같은 方法으로 試驗 및 解析한 結果가 Fig. 3에 SV(T)-1로 表示되어 있다. 當初計劃은 速力-長比 1.20 以上까지 曳引할 豫定이 었으나 重力式檢力計이니 만치 速力-長比 1.10 以上の 曳引은 事實上 不可能하였고 그나마 速力-長比 1.05 以上에서의 記錄은 信賴度가 적었으므로 最終解析은 ㉞值 2.4에서 끊었다. Fig. 3中 Takagi, Doust, FAO 135 a-173 등으로 表示된 曲線은 本是 Navitt 教授가 W-8의 性能을 檢討하기 爲하여 文獻[9], [10], [11]에 주어진 資料로부터 얻은 W-8과 類似한 船型들의 抵抗曲線인데, 이들을 다시 SV(T)-1과 比較하기 爲하여 轉載하였다.

## 4. 考 察

船速 9.0~10.5 노트 사이에 있어서의 抵抗係數를 比較하면 SV(T)-1의 抵抗係數가 供試基準船型인 W-8에 對하여서는 18~25%의 增加를 나타내고 있다. 그러나 W-8과 類似한 FAO 135 a-173에 對하여서는 5~20%, Doust에 對하여서는 12~14% 程度의 增加이며, 特히 Takagi에 對하여서는 僅少하나미 오히려 減少를 나타내고 있다.

一般的으로 V型直線船型의 抵抗이 그와 對等한 複曲面船型에 比하여 커지는 理由는 背骨陵線의 採用이 不可避하기 때문이다. 船體周圍에 形成되는 흐름의 境界層이 陵線附近에서 얇아지므로 橫方向速度勾配가 커지고 따라서 剪斷應力이 增加한다 이에 결쳐서 排水容積 및 橫斷面 面積曲線이 같고 橫斷面의 概觀的 形狀이 같은 境遇, V型直線船型의 浸水面積이 또한 複曲面船型에 比하여 若干 增加한다. 그러므로 摩擦抵抗이 增加한다.

한편, 壓力抵抗面에 있어서의 陵線形狀을 주어진 船速에서의 船體周圍의 흐름의 形狀과 잘 符合하도록 決定할 必要가 있다. 特히 船首 및 船體中央 附近에서 흐름이 陵線을 橫斷하게 될 境遇에 壓力抵抗增加가 顯著할 것이다. 橫方向速度勾配의 增加는 陵角이 100~110度 程度로 작지만 않다면 別로 顯著하지 않다고 한다[12]. 따라서 排水量—長比가 커지거나 또는 船舶의 크기가 커질에 따라 多重背骨陵線을 採用한다면 陵角을 크게 할 수 있음과 同時에 浸水面積의 增加도 相當히 抑制할 수 있을 것이므로 摩擦抵抗의 增加를 抑制하는 일은 比較的 容易할 것이다. 그러나 最適陵線形狀의 決定은 此種船型의 開發에 있어서 하나의 큰 課題이다.

SV(T)-1의 境遇, 陵角이 前記 下限에 對하여 150度 以上이고 또 浸水面積은 W-8에 比하여 約 2% 增이므로 增加된 抵抗의 大部分은 壓力抵抗의 增加分인 것으로 믿어진다. 即 陵線形狀의 決定을 좀더 適切히 할 수 있었더라면 全抵抗增加는 훨씬 적은 量으로 抑制할 수 있었을 것이다.

緒言에서 V型直線船型의 開發은 建造上 施工面에 있어서의 許多한 利點 때문에 그 必要性이 強調된다고 했는데, 이제 初期投資와 年間運航費를 考慮한 綜合的 經濟性見地에서 抵抗增加를 報償할 수 있는 船體建造費의 節減率을 推算해 본다. 兩者에 있어서의 運送모우멘트 또는 年間收入은 같으므로 經濟的 效率은 單純히 年間 運航費에 逆比例한다. 即 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$(\text{經濟的 效率}) \propto \frac{1}{(\text{積量})^a (\text{推進馬力})^b (\text{船價})^c}$$

年間 運航費의 構成比率을 諸公課金 및 港灣이나 埠頭使用料 등을 20%, 燃料費 15%, 減價償却, 補修費, 保險料 및 金利 등을 65%로 看做한다면, 式 分母의 指數  $a, b, c$ 는 各已 차례로 1/5, 1/7, 2/3로 된다. 積量이 또한 兩者에서 같으므로 經濟的 效率은 結局 推進馬力과 船價에만 關係되는데, 船價의 構成比率을 (船體部) : (機關部) = 2 : 1로 假定하고 V型直線船型의 普通的 複曲面船型에 對한 推進馬力の 比를  $x$ , 船體建造費의 比를  $y$ 로 表記한다면, 다음 關係式

$$y \cong \frac{1}{2} (3x^{\frac{1}{5}} - x)$$

이 滿足될 境遇에는 綜合的 經濟性見地에서 V型直線船型이 有利하다는 結論을 얻는다. 이 關係式의 解를 圖式的으로 表示한 것이 Fig. 4이다. 經濟的 效率에 關한 上記 關係式은 比較對象船舶의 諸般特性的의 類似性이  $\pm 20\%$  以內인 境遇라면 充分히 妥當性을 가진다. Fig. 4로부터 알수 있는 바와 같이, V型直線船型에 있어서의 推進馬力增加 10~20%는 船體建造費의 減少 8~16%로써 報償될 수 있다. V型直線船型의 建造에 있어서의 다음과 같은 諸利點, 即 (1) 主肋骨이나 外板의 成形加工 및 組立 등이 迅速 容易하고, (2) 未熟한 造船工을 就業 시킬 수 있고, (3) 造船設備, 特히 鋼板 및 型鋼加工用 機械와 工具가 적게 所用될 뿐만이 아니라, (4) 最近 造船界의 至大한 關心을 끌고오는 있으나, 複曲面으로의 成形이 困難한 點으로 使

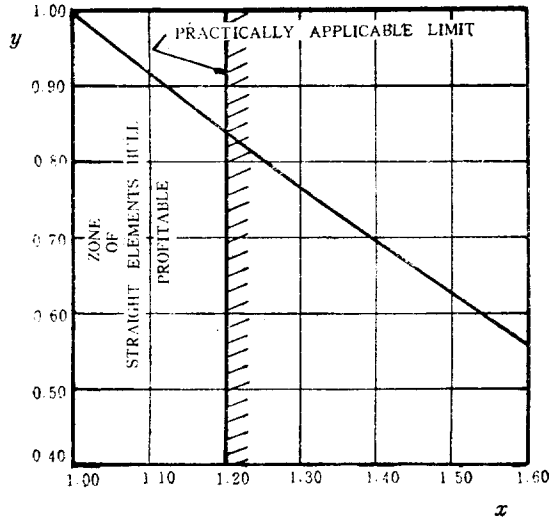


Fig. 4 Ratios of hull construction cost ( $y$ ) to compensate for increased power rate ( $x$ ) from viewpoints of ship operating cost.

用에 制限을 받고 있는 새로운 構造用材들을 効果的으로 使用할 수 있다는 點 등을 考慮한다면 船體建造費의 8 ~ 16 % 程度의 減少는 容易하게 期待할 수 있다.

### 5. 結 論

中速의 中小型商船을 爲한 V型直線船型의 開發可能性을 考察하기 爲하여, 供試船型으로서 Nevitt 教授의 W-8 과 幾何學的 諸船型係數가 類似한 V型直線船型 SV(T)-1 을 試設計하고, 이의 模型試驗에 依한 抵抗性能을 W-8 및 其他 類似 複曲面船型의 抵抗性能과 比較하는 한편 綜合的經濟性 見地에서 推進馬力 增加를 報償할 수 있는 船體建造費 減少率을 解析함으로써 V型直線船型의 開發이 極히 希望의 旨을 알았다. 設使, V型直線船型이 經濟的 效率面에서 複曲面船型과 對等하거나 若干 劣等한 境遇일지라도 特히 工業的 低開發地域에서 V型直線船型의 開發이 큰 意義를 가진다.

V型直線船型의 設計에 있어서 가장 問題되는 點은 壓力抵抗의 增加를 最少限으로 抑制하기 爲하여 陵線形狀을 船體周圍의 흐름의 形狀과 잘 符合하도록 決定하는 일인데, 이를 爲하여서는 陵線形狀에 關한 系統的 研究에 依하여 몇 가지 基準船型이 마련되어야 하겠다. 한편, 經濟的 效率을 보다 더 높이기 爲하여 推進效率에 關한 系統的 研究과 構造方式에 關한 研究도 併行되어야 하겠으나, 그 中 前者는 國內에 施設이 없는 탓으로 計劃할 수 없음을 附言해 둔다.

끝으로, 本研究를 爲하여 研究補助費를 支給하여 준 經濟企劃院 當局과, 研究進行過程에 있어서 많은 有益한 忠告를 하여 주신 金在瑾教授에게 謝意를 表한다.

### 參 考 文 獻

[1] K.S.M. Davidson and A. Suarez; "Tests of Twenty Related Models of V-Bottom Motor Boats, EMB Series 50", DTMB Report No. 170.

- [2] H.F. Norström; "Einige Resultaten over de Weerstand van Kleine Vanrtuigen", Teknisk Tidskrift, 1936 (日本語抄譯: 日本造船協會誌 第321號, 1955年11月).
- [3] D.De Groot; "Resistance and Propulsion of Motor Boat", International Shipbuilding Progress, Vol. 2, No. 6, 1955.
- [4] P.R. Gladding; "An Appreciation of Small Shipyard," paper persented to New England Section Meeting, SNAME, Jan. 1963.
- [5] D.S. Simpson; "Small Craft, Construction and Design," Transaction of SNAME, Vol. 59, 1951.
- [6] Cedric Ridgely-Nevitt; "The Development of Parent Hulls for a High Displacement-length Series of Trawler Forms", Transaction of SNAME, Vol. 71, 1963.
- [7] H.E. Saunders; Hydrodynamics in Ship Design, Vol 2, Chapt. 77, SNAME, 1957.
- [8] J.B. Hadler; "Coefficients for International Towing Tank Conference 1957 Model-Ship Corelation Line", DTMB Report No. 1185, 1958.
- [9] A. Takagi, T. Inui and S. Nakamura; Graphical Methods for Power Estimate of Fishing Boats, Japan, 1950.
- [10] J. Doust-T. O'Brien; "Resistance and Propulsion of Trawler", Transaction of North East Coast Institute, 1958, 1959.
- [11] J-O. Traung; Fishing Boats Tank Tests. Part I (1955), Part II (1959), FAO, Rome.
- [12] H.E. Saunders; Hydrodynamics in Ship Design, Vol.1, Chapt. 28, SNAME, 1957.