

### 韓國 沿近海漁船에 對한 展開可能曲面 船型의 應用

金 極 天\*

## An Application of the Developable Hull Surface to Korean Inshore Fishing Boats

by

Keuck Chun Kim\*

### Abstract

The Korean inshore fishing boats are of the size up to 30 G.T., and their construction commonly employs the traditional wide wooden planking. Nevertheless, the hull forms have been developed with chine-type straight-framed sections which give developable surface partly, but not on the whole; especially not on the forward half portion of the hull. The hull forms giving correct developable surface on the whole portion of the hull are preferable for them.

Considering many merits in the boat construction, the author, excluding cases of the FRP construction by hand lay-up or spray-up method and of the ferro-cement construction, finds out no reasons to depart from the chine-type hull forms of a developable surface in future development of their hull forms, too.

In this report, the author proposed new designs of the developable hull surface for four typical boats forming the main structure of Korean inshore fishing fleets; 5 G.T.-class multi-purpose boat, 10 G.T.-class angling and longlining boat, 20 G.T.-class drift and gill netters, and 27 G.T.-class stow netters, and presented the tank test results on their propulsion resistance. The tank test had two purposes; one is to present the powering schedule of the new designs and the other to investigate the resistance characteristics of this kinds of boats in comparison with those of equivalent round-type boats at operational speed ranges. Between the both types of the boat no material differences in powering are expected. Hence, the author is confident of that saving in the construction cost of the developable hull over that of the round-type boat may result in considerable contribution to the over-all boat economy.

### 1. 緒 言

展開可能曲面 船型은 單曲面 船型이므로, 船殼의 成形加工面에서 複曲面 成形이 매우 어렵거나 또는 거의 不可能한 造船用材, 即 두껍고 넓은 木板, FRP大板, 木合板, 輕合金板材, 鋼板等을 使用하여 매우 容易하게 造船할 수 있을 뿐만이 아니라 造船施設의 輕減, 技倆水準이 낮은 技能工에 依한 效率의인 作業의 可能性, 工期短縮等 初期投資面에서도 許多한 利點이 있어 棼 魅力的인 船型이다.

다만, 單曲面 船型은 本質的으로 chine型 船型이라야 圓滑한 應用이 可能한데, chine型 船型은 推進抵抗性

接受 : 1970年 2月 21日

\* 正會員, 서울大學校 工科大學

能의 速長比가 3.0~3.5 以下인 境遇 普通船型에 比하여 劣等하므로[1]\*\* 結果의 機關部 初期投資 및 運航費가 비싸게 竝다는 通念 때문에 速長比가 前記값 以下인 普通商船에서 이 船型의 應用이 매우 制約되어왔다.

그러나 中小型漁船의 境遇, 綜合的 經濟性見地에서 이 船型에 對하여 後者의 不利點보다 前者의 利點을 더 높히 評價하여야 할 妥當性이 주준히 示唆되어 왔고[2],[3],[4],[5], 또 主張되어 왔다[6]. 한편 우리나라 在來沿近海漁船의 船型은 主로 chine型 直線肋骨 船型이어서 特히 前半部가 顯著한 複曲面으로 되어 있다[11]. 그러므로 本研究에서는 우리나라의 代表的 沿近海漁船 4種, 即 5GT級 多目的漁船, 10GT級 一本釣兼延繩漁船, 20GT級 流刺網漁船 및 27GT級 鮫鱈網漁船에 對하여 그들의 船型을 適正한 展開可能曲面船型으로 새로 設計하였고, 아울러 模型水槽試驗을 行하여 推進抵抗性能을 昭詳히 實驗과 同時에 此種 船型의 經濟性見地에서의 利害得失을 概括的으로 考察하였다.

## 2. 展開可能曲面的 幾何學

展開可能曲面 船型의 가장 簡單한 例는, 船殼表面이 圓錐曲面, 圓筒曲面, 또는 몇개의 圓錐 및 圓筒曲面의 組合으로 形成되는 船型이다. 이와 같은 曲面은 한 直線線分, 即 generating line의 兩端 또는 一端이 任意의 두개 또는 1個의 定해진 曲線, 即 directrix에 沿하여 움직일때 同 直線線分이 그리는 軌跡으로 形成되는 曲面이므로 單曲面이다.

이와같은 曲面의 船型의 가장 간단한 作圖는 주어진 keel line, chine line, deck line 등을 directrix로 하는 Apex method [2]에 依하여 얻어질 수 있으며, 小型艇에서 가장 흔히 使用되어 온 方法이다. 이 方法은 實際 船型에서 基本計劃 結果가 要求하는 排水量 및 幾何學的 船型係數와 keel line, chine line, deck line 등을 正確히 滿足시키는 全體 또는 部分的인 圓錐頂點(apex)을 찾아내는 일이 매우 어려운 탓으로 결국 前記 Apex method 에만 依存하는 境遇 作圖過程에서 基本計劃上 要求되는 幾何學的 特性을 一部 變更하지 않으면 안 되는 缺點이 있다.

Kilgore[3]는 위와 같은 缺點을 補完하기 爲하여 좀더 一般的인 作圖法을 提示하고 있는데, 이 境遇 願하는 曲面은 圓錐曲面, 圓筒曲面 및 그들의 몇개의 組合일 뿐만아니라 相當한 部分이 convolute일 수도 있어 事實上 展開可能曲面 決定의 自由度는 훨씬 높다.

上記 두 作圖法은 어느 境遇에 있어서나 展開可能曲面이란 한 直線線分의 兩端 또는 一端이 定해진 directrix에 沿하여 움직일 때 同 直線線分, 即 generating line이 그리는 軌跡이라는 定義를 바탕으로 하고 있다. 이를 달리 表現하면 展開可能曲面이란 1 徑數平面群의 envelope이며, generating line은 directrix를 端線으로하여 同 envelope에 密着하며 스쳐 지나가는 한 直線線分이어야 한다.

展開可能曲면을 決定지어줄 1 徑數 平面群이란 直交座標系(x,y,z)에서 z를 從屬變數로 했을 때 徑數 t에 對하여 式

$$z = F_1(t)x + F_2(t)y + F_3(t) \quad (1)$$

로 주어지는 平面群인데, 다만  $F_i(t)$ 가 모두 t에 關하여 線型인 函數일 때는 envelope가 存在하지 않으므로, 이 境遇만 除外하고 函數  $F_i(t)$ 는 어떠한 形式이어도 無妨하다. 式(1)에서 t의 한 값은 한 特定 平面을 決定 지어주게 됨은 自明하다.

x, y의 任意的 位置(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>)에서 t의 값에 따른 여러개의 平面中 z座標가 極值를 갖게되는 t의 값이 同位

\*\* [ ]內數字는 本文末尾에 紹介한 參考文獻의 番號임.

置에서의 envelope의 z座標를 決定지어줄 것이므로(Fig. 1 參照),

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial F_1(t)}{\partial t} x + \frac{\partial F_2(t)}{\partial t} y + \frac{\partial F_3(t)}{\partial t} = 0 \tag{2}$$

를 滿足하는 t의 값  $t=t_0$ 을 求하여 이를 式(1)에 代入하므로써  $(x_1, y_1)$ 에서의 envelope의 座標  $z_1$ 이 얻어진다.

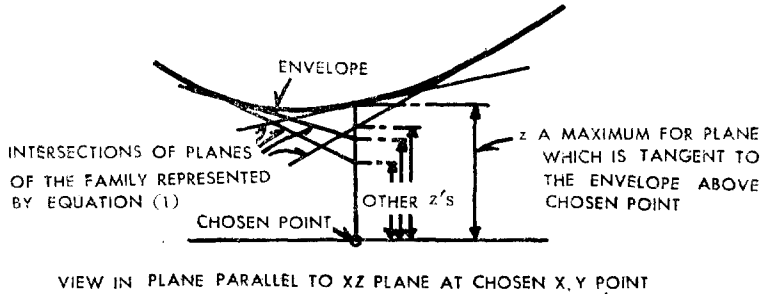


Fig. 1

t의 各 값은 各已 generating line의 瞬間的位置 하나를 決定해 준다. 따라서  $t=t_0$ 를 式(2)에 代入하여 式(2)를 滿足하는 x, y의 兩變의 값  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 를 求하여 이들과  $t=t_0$ 을 다시 式(1)에 代入한다면 한 generating line으로 連結되는 曲面上의 2點  $(x_1, y_1, z_1)$  및  $(x_2, y_2, z_2)$ 를 決定지을 수 있다. 이렇게 했을때 瞬間的인 圓錐頂點은 前記 generating line의 瞬間位置의 延長線상에 位置할 것이 分明하다. 또 이 瞬間的 圓錐頂點의 軌跡은 一般으로는 하나의 空間曲線이다.

$t=t_n$ 에 對應하는 圓錐頂點의 位置는 圓錐頂點에서는 式

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 F_1(t)}{\partial t^2} x + \frac{\partial^2 F_2(t)}{\partial t^2} y + \frac{\partial^2 F_3(t)}{\partial t^2} = 0 \tag{3}$$

이 滿足되어야 한다는 事實로 부터 求할 수 있다. 即  $t=t_n$ 를 式(1), (2), (3)에 代入하여 얻어지는 x, y, z에 關한 3個의 聯立方程式의 解를 求하면 이것이 바로 圓錐頂點의 座標이다.

위와 같은 解析學的 基礎를 바탕으로 하여 數值計算에 依하여 求하고자 하는 展開可能曲面을 決定하는 方法은 Ferris[4]가 昭詳히 提示하고 있다.

以上 세 方法中 任意性이 크면서도 가장 正確한 展開可能曲面을 얻을 수 있는 方法은 Ferris의 方法인 것으로 判斷되기는 하나, 이 方法으로 船體치수表 全部를 얻어 내려면 방대한 量의 數值計算을 遂行하여야 할 不便이 있다. 결국 設計室의 製圖册床 위에서 또는 現圖工場에서의 作業으로는 圖式的 作圖法이 가장 普遍性이 있고 또 時間과 勞力의 節約이 클 것이다.

그러므로 本研究에서 採擇한 船型은 cine line 下部에서는 主로 Apex method, chine line 上部에서는 Kilgore의 方法을 利用하여 얻은 것이며, 沿近海漁船과 같은 類型的 船型에서는 이 두 方法을 混用하므로써 效果의 으로 顯하는 展開可能曲面 船型을 決定지을 수 있음을 確認하였다. 以下에 本研究에서 利用한 두 方法의 作圖法을 簡略히 要約해 둔다.

**Apex method(Fig. 2 參照)**

여기서 說明하는 것은 Apex method中の 1例인데, chine line下部에서 船首部曲面을 얻는데 매우 效果의 이다. 이 方法을 chine line 上部에 應用하는 要領은 文獻[2]에 詳述되어 있다.

(1) 基本計劃이 要求하는 排水量, 排水量分布 및 船型係數等を 充足하는 spring style의 一般配置圖 및 正面

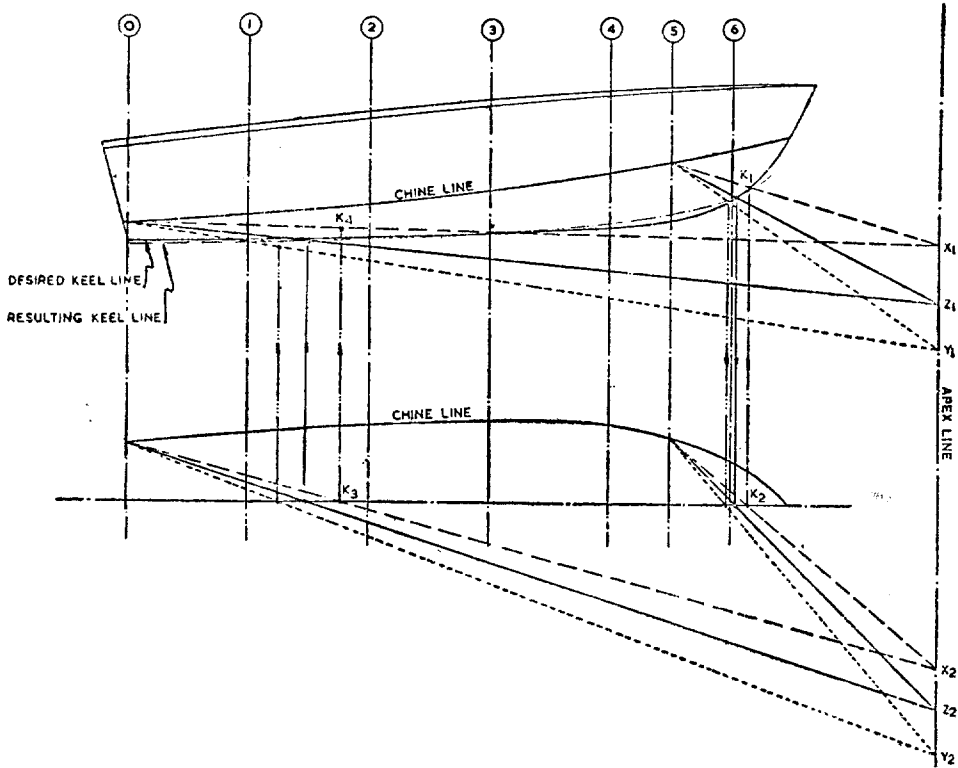


Fig. 2 Apex Method

線圖의 輪廓을 그리고

(2) 이로부터 chine line, deck line, keel line 船首 및 船尾形狀의 側面圖 및 平面圖를 그린 다음 Apex line 을 選擇한다.

(3) 側面圖에서 Apex line 上에 暫定的 Apex  $X_1$  을 定하고,  $X_1$  으로부터 0 및 5 station 과 chine line 交點을 잇는 直線을 긋는다. 이 두 直線은 keel line 前後端을 그 사이에 걸수 있어야 한다.

(4) 前記 直線과 keel line 前部와의 交點  $K_1$  을 平面圖上에 投影하여 點  $K_2$  를 얻는다.

(5) 平面圖上에서 5 station 과 chine line 과의 交點으로부터  $K_2$  를 通過하는 直線을 그어서 이것이 Apex line 과 맞나는 點  $X_2$  를 얻고, 이  $X_2$  로 부터 0 station 과 chine line 과의 交點에 直線을 그어 船體中心線과 의 交點  $K_3$  을 얻는다.

(6) 點  $K_3$  을 側面圖上에 投影하여 點  $K_4$  를 얻는데, 이  $K_4$  는 keel line 보다 높이 位置하고 있으므로 이를 修正하기 爲하여 Apex 를  $X_1-X_2$  로부터  $Y_1-Y_2$  로 變更해 본다.

(7) 이제  $X_1-X_2$  에 對하여 했던 일을 되풀이하면, 이번에는 Apex  $Y_1-Y_2$  가 너무 낮음을 안다.

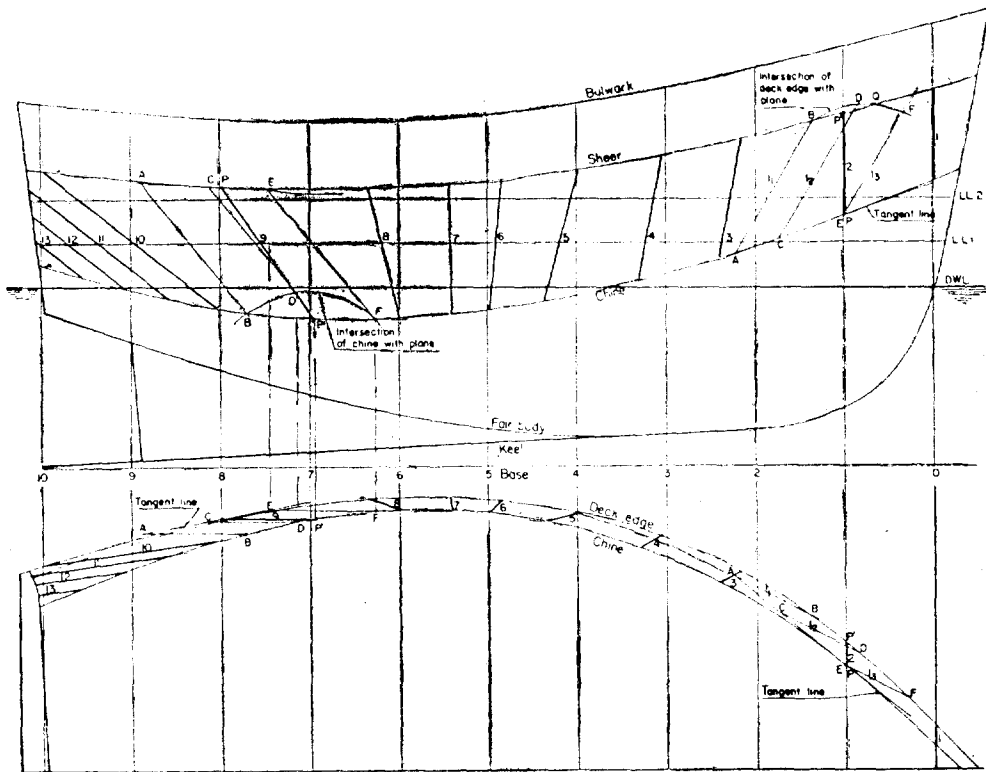
(8) 고로 Apex 를 다시  $Z_1-Z_2$  로 옮겨 갖고 윗 과정을 되풀이하므로써  $Z_1-Z_2$  가 比較的 願하는 keel line 을 결정지어 주는 Apex point 임을 안다.

(9) Apex  $Z$  를 基準으로 하여 나머지 station 에 對하여 윗 과정을 되풀이해가면서 keel line 또는 chine line 을 部分的으로 修正한다.

(10) Apex Z에 의해 包括되지 못한 部分, 即 그림에서 6 station 前方에 새로운 圓錐曲面을 導入하므로써 願하는 船首形狀을 維持케 한다.

**Kilgore의 方法(Fig. 3 參照)**

基本計劃上 要求되는 排水量, 排水量分布 및 船型係數 等を 滿足하는 spring style의 直線要素肋骨 船型の 正面線圖를 그리고, 이로부터 側面圖와 平面圖上에 chine line, deck line, keel line, 船首 및 船尾形狀을 그려넣는 일은 Apex method와 같다. 그리하여 chine line 上部에 對해서는 chine line 과 deck line 을 directrix 로 하여 다음 要領에 依據하며 線圖完成에 必要한 最小數交의 generating line 의 瞬間位置를 決定한다. 이 方法을 chine line 下部에 應用하는 要領은 文獻[3]에 詳述되어 있다.



**Fig. 3 Kilgore's Method**

- (1) 船首部 chine line 上에 點 P 를 取하고, 側面圖 및 平面圖上에서 點 P 에서 chine line 에 接線을 긋는다.
- (2) 同接線으로부터 deck line 과 適當한 角度로 點 B 에서 交錯하는 任意의 直線 AB 를 긋는다.
- (3) 點 P 에서의 接線에 點 A 로 부터 適當한 좁은 間隔으로 點 C 및 E 를 定하고, 點 C 및 E 로 부터 直線 AB 에 平行한 二 直線을 긋는다.
- (4) 前記 點 C 및 E 를 通過하는 二 直線과 平面圖上에서 deck line 과 맞나는 點을 D 및 F 로 하고, 이 두 點을
- (5) 側面圖에 投影시키므로써 側面圖上에 弧 BDF 를 얻는다.

- (6) 側面圖上에서 弧  $BDF$  가 deck line 을 찌르는 點을  $Q$  로 하고
- (7) 線分  $BQ$  의 中點을  $P'$  로 한다.
- (8) 이제 點  $P$  와  $P'$  를 이으면 線分  $PP'$  는 平面  $PAB$  內에 있으면서 船殼表面에 密着하여 接하는 generating line 의 瞬間位置이다.

以上은 chine line 上의 點  $P$  로 부터 出發한 作圖要領인데, Fig. 3의 船尾部에서 보는 바와 같이 deck line 上의 點  $P$  로 부터 出發할 境遇도 作圖要領은 上述한 바에 準한다.

### 3. 沿近海漁船에 對한 應用

우리나라 沿近海漁船은 報文[11]에 밝힌 바와 같이 本是 chine 型船으로 發達해 왔으나, 直線肋骨船型을 擇해 온 故로 全體的으로 展開可能曲面 船型이 아니며 船殼表面이 複曲面인 部分이 많다. 또 主要치수나 船型係數도 報文[11]에서 考察한 바와 같이 無理가 있는것이 많다.

既存 沿近海漁船中 代表的인 4種의 船型에 代身할 5GT級 多目的漁船, 10GT級 一本釣 兼 延繩漁船, 20GT級 流刺網漁船 및 27GT級 鮫鱈網漁船의 船型을 主要치수 및 船型係數(報文[11] Table 8 參照)를 修正한 基本計劃을 土臺로하여 展開可能曲面으로 새로히 設計했다. 이들의 線圖, 滿載狀態에서의 吃水線面形狀,

Table 1. Principal Dimensions and Form Characteristics : Proposed New Designs.

Type of Boat*		5		10		20 D		27 S	
Particulars									
$L_{OA}$	m	11.35		14.585		18.92		19.67	
$L_r$ rule	m	10.00		12.80		16.50		17.20	
$B_{mid}$	m	2.60		2.80		3.65		4.60	
$D_{mid}$	m	0.90		1.40		1.65		1.64	
$L/B$		3.846		4.571		4.521		3.739	
$L/D$		11.111		9.143		10.000		10.488	
$B/D$		2.889		2.000		2.212		2.805	
$(B/2+D)$	m	2.200		2.800		3.475		3.940	
$(L \times B \times D)$	$m^3$	23.400		50.176		99.371		129.757	
Loading Condition		Light	Full	Light	Full	Light	Full	Light	Full
$T_{mean}$	m	0.625	0.800	0.755	1.110	0.860	1.350	0.867	1.310
$\Delta_{mid}$ , s.w.	m/t	9.00	12.90	15.00	25.00	25.00	47.00	30.00	53.00
$C_b$		0.540	0.604	0.546	0.614	0.480	0.566	0.430	0.500
$C_p$		0.631	0.671	0.614	0.644	0.574	0.648	0.582	0.620
$C_m$		0.854	0.896	0.886	0.920	0.820	0.880	0.734	0.802
$C_w$		0.771	0.820	0.740	0.826	0.693	0.810	0.622	0.724
$LCB$ , % $\bar{L}$ aft amidship		2.26	3.05	1.554	2.63	-0.606	1.64	1.035	2.83
$LCF$ , % $\bar{L}$ aft amidship		5.30	6.10	3.42	5.63	1.95	5.94	4.17	6.41
$KB$		0.444	0.535	0.50	0.70	0.642	0.870	0.660	0.880
$KM_T$		1.510	1.350	0.650	0.560	2.144	1.880	2.680	2.380

Note: \* 5 : 5 GT Multi-purpose Fishing Boat, 10 : 10 GT Angling and Longlining Boat, 20 D : 20 GT Drift and Gill Netter, 27 S : 27 GT Stow Netter.

Form coefficients based on  $L$  defined by the rule.

PRINCIPAL DIMENSIONS

L	10m00
B (MID.)	2m60
D (MID.)	0m90

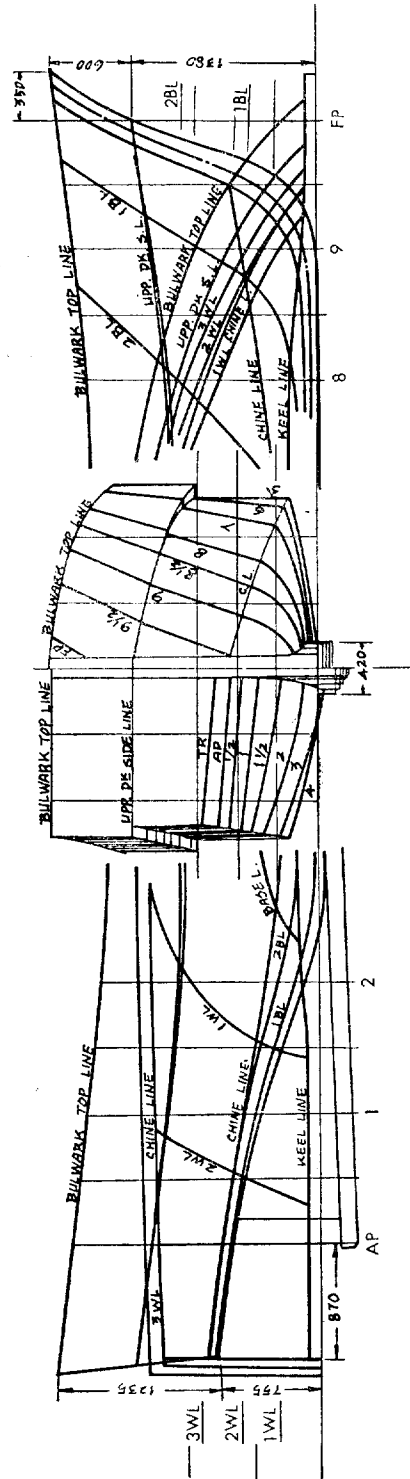
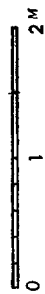


Fig. 4 Proposed Lines of 5GT Multi-purpose Boat

**PRINCIPAL DIMENSIONS**

L	12m80
B. MIDJ	2m80
D. MIDJ	1m40

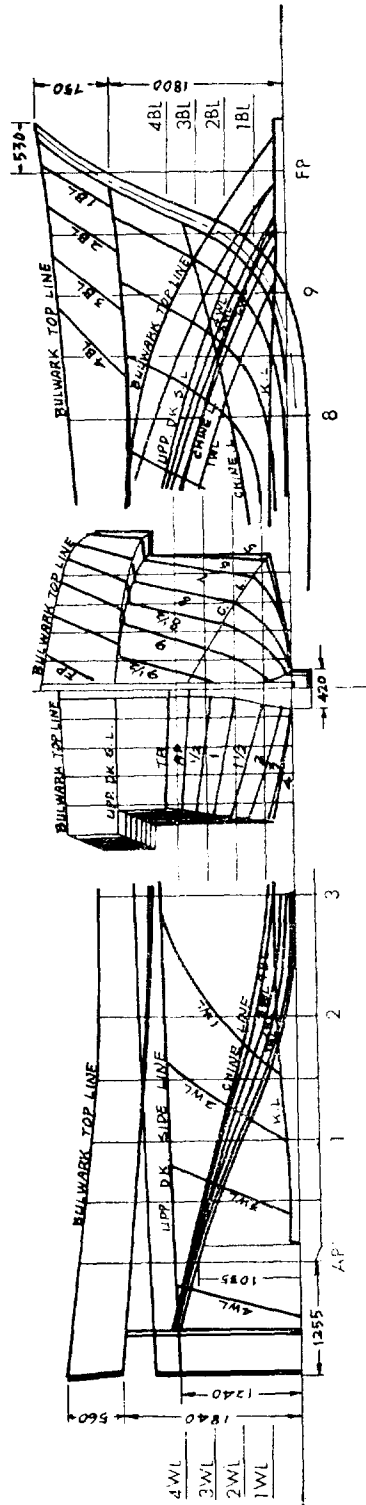


Fig. 5 Proposed Lines of 10GT Angling and Longlining Boat



PRINCIPAL DIMENSIONS

L	16 m.50
B. MID.	3 m.65
D. MID.	1 m.65

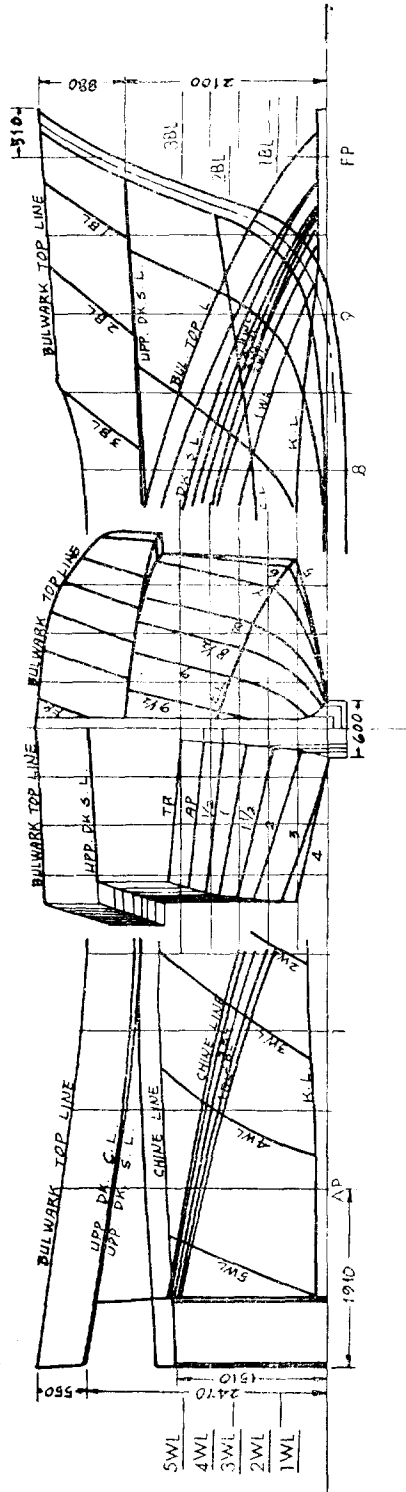


Fig. 6 Proposed Lines of 20 GT Drift and Gill Netter

PRINCIPAL DIMENSIONS

L	17m 20
B (MED.)	4m 60
D (MID.)	1m 64

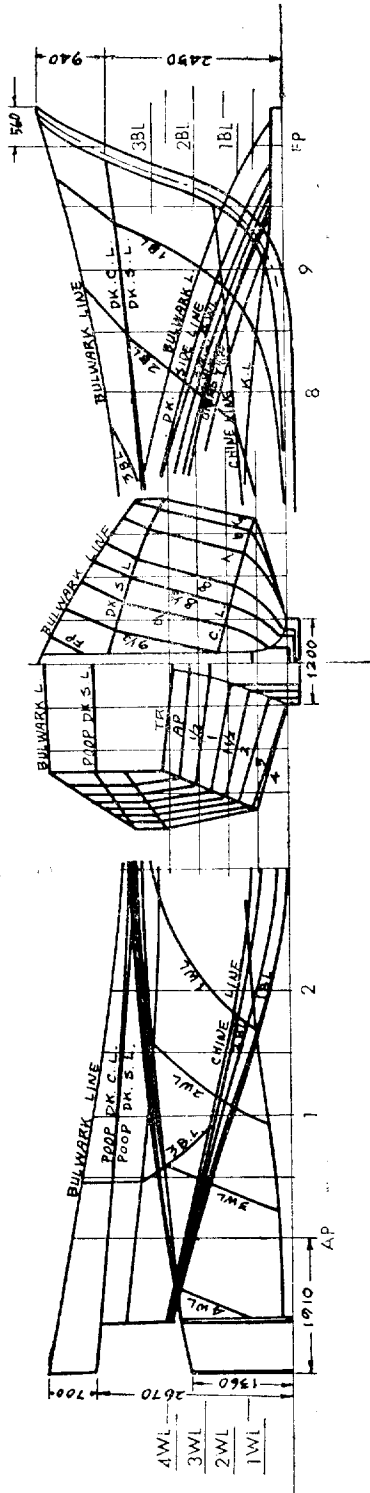
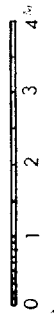
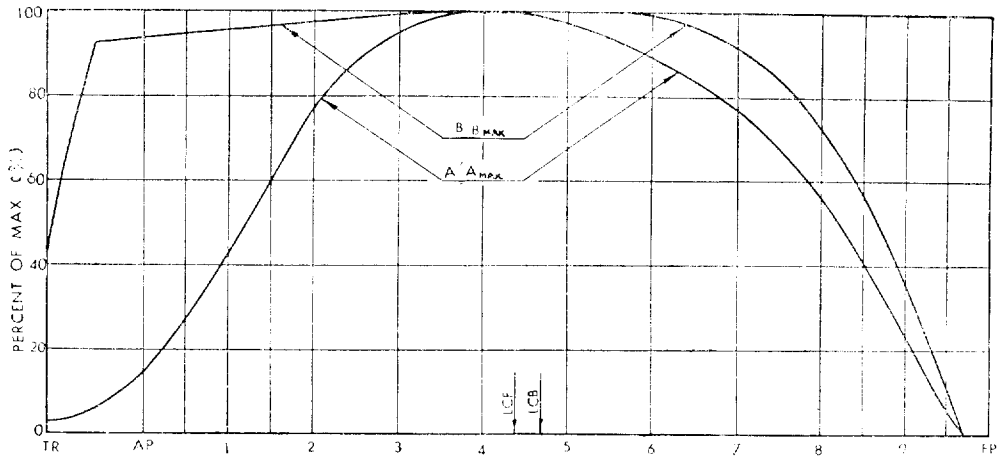
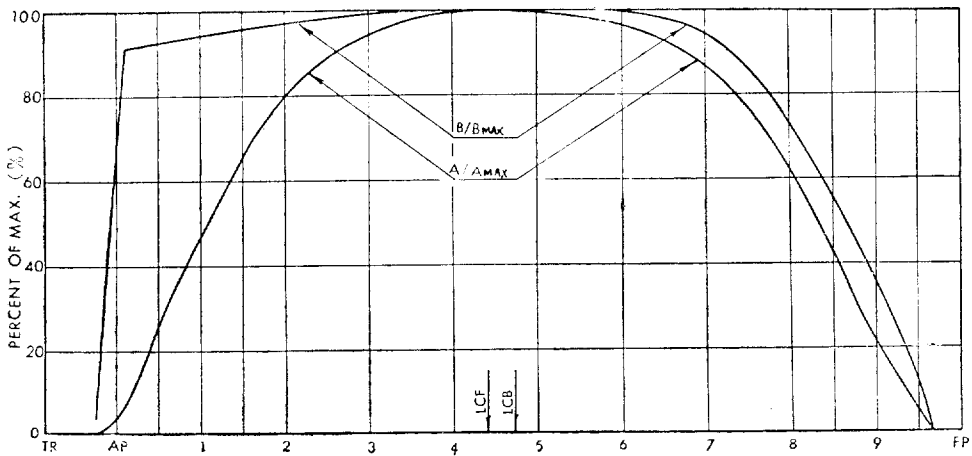


Fig. 7 Proposed Lines of 27 GT Stow Netter



Stat.	TR	AP	1/2	1	1 1/2	2	3	4	5	6	7	8	8 1/2	9	9 1/2	FP
$A/A_{MAX}$	.027	.140	.280	.430	.597	.781	.974	1.000	.974	.895	.772	.570	.412	.237	.061	—
$B/B_{MAX}$	.415	.931	.942	.954	.962	.977	.992	1.000	1.000	.992	.915	.723	.570	.370	.115	—

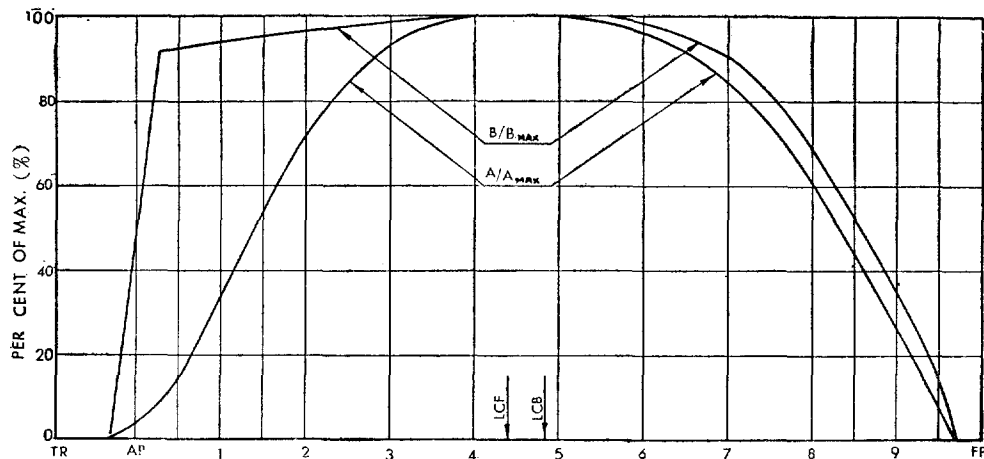
(a) 5 GT Multi-purpose Boat



Stat.	TR	AP	1/2	1	1 1/2	2	3	4	5	6	7	8	8 1/2	9	9 1/2	FP
$A/A_{MAX}$	—	.304	.254	.462	.645	.810	.941	1.000	.994	.959	.864	.610	.426	.213	.053	—
$B/B_{MAX}$	—	.643	.921	.943	.950	.971	.990	1.000	1.000	.993	.943	.730	.557	.357	.121	—

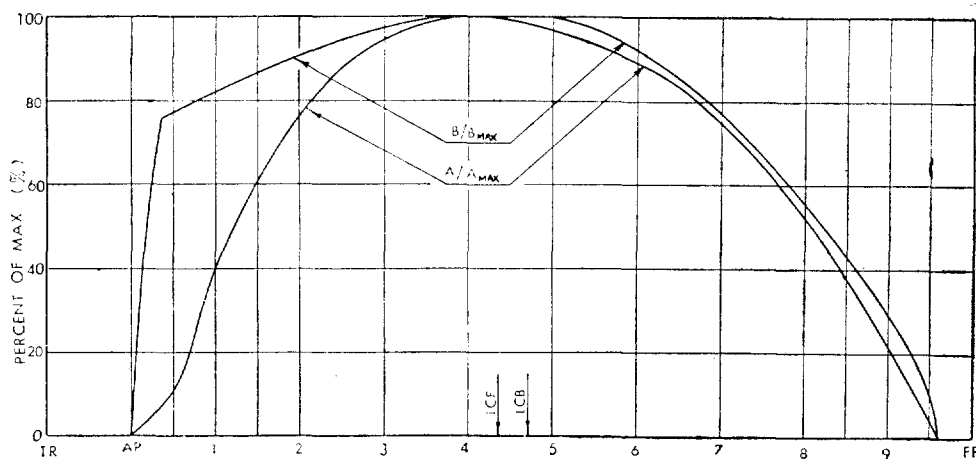
(b) 10 GT Angling and Longlining Boat

Fig. 8 Curves of LWL and Sectional Area : Proposed New Designs



Stat.	TR	AP	1/2	1	1 1/2	2	3	4	5	6	7	8	8 1/2	9	9 1/2	FP
$A/A_{MAX}$	—	.031	.140	.364	.539	.713	.930	1.000	1.000	.965	.846	.600	.441	.266	.077	—
$B/B_{MAX}$	—	.460	.926	.940	.956	.970	.983	1.000	1.000	.993	.907	.685	.523	.354	.140	—

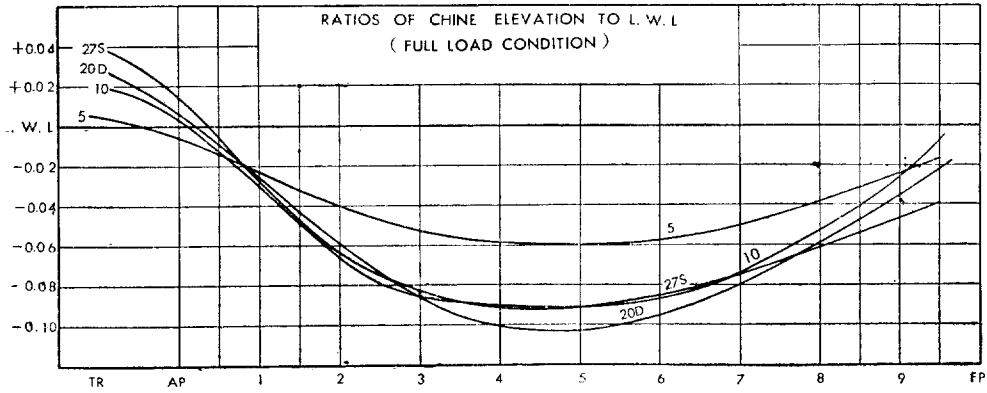
(c) 20 GT Drift and Gill Netter



Stat.	TR	AP	1/2	1	1 1/2	2	3	4	5	6	7	8	8 1/2	9	9 1/2	FP
$A/A_{MAX}$	—	—	.100	.400	.600	.764	.945	1.000	.964	.891	.746	.510	.376	.212	.055	—
$B/B_{MAX}$	—	—	.770	.821	.868	.911	.969	1.000	1.000	.913	.768	.558	.429	.286	.109	—

(d) 27 GT Stow Netter

Fig. 8 Cont'd.



	TR	AP	1/2	1	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2	3	4	5	6	7	8	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	FP
5	.006	-.006	-.015	-.024	-.032	-.041	-.054	-.059	-.054	-.058	-.050	-.039	-.032	-.024	-.017	—
10	.019	.003	-.013	-.031	-.049	-.066	-.086	-.090	-.091	-.087	-.074	-.054	-.041	-.026	-.008	—
20D	.029	.006	-.009	-.025	-.043	-.060	-.086	-.102	-.103	-.095	-.081	-.059	-.047	-.036	-.022	—
27S	.039	.014	-.006	-.028	-.047	-.065	-.083	-.091	-.091	-.085	-.075	-.062	-.055	-.047	-.039	—

Fig. 9 Chine Shapes of Proposed New Designs of Developable Hull Surface

橫斷面積曲線 및 chine 形狀의 水線에 對한 相對的位置等은 Fig.4로 부터 Fig.9에 걸쳐 圖示되어 있는 바와 같다. 또 새로운 設計의 主要치수 및 幾何學의 船型特性을 報文[11]의 Table 8과 比較할 目的으로 Table 1에 要約했다.

이 設計가 此種 漁船에 對한 展開可能曲面 船型으로서의 가장 適正한 것이라고는 絶對 主張하지 않으며 改良의 餘地는 얼마든지 있다. 이 設計는 一應 在來式 木船構造를 前提한 것이기는 하나 船首材, 龍骨, skeg, 및 船尾骨材部分에 若干의 部分的 修正을 加한다면, 即 generating line을 rabbet line을 貫通하여 延長시켜 우무리는 方向으로 修正한다면 他種의 造船用材에 對한 船型으로도 使用될 수 있도록 配慮했다. 다만 現行 積量測度規程으로서의 船質이 木質이 아닌 境遇 總噸數가  $\frac{62}{55}$ 의 比率로 增加할 것이나, 漁船運用上 必要한 것은 艙內容積이나 積載重量의 實量이다. 特히 鮫鱈網漁船에서는 그 境遇에도 總噸數가 30GT未滿이 되도록 配慮되어 있다.

作圖法은 앞節에서 言及한 바와 같이 Apex method와 Kilgore 方法이 混用되었는데, chine line 上部는 모두 Kilgore 方法이다. chine line 下部에서 船首部는 모두 Apex method이다. 船尾部는 10 GT 및 20 GT에서 Kilgore 方法, 27 GT에서 Apex method, 5 GT에서는 1 station 後方에서 Kilgore 方法이고 나머지 部分은 Apex method가 使用되었다. Apex method 使用에 있어서의 Apex 位置는 다음과 같다. 但 이들은 左舷側 曲面에 對한 것이다.

5 GT 多目的漁船

船首部 Apex: 5 station 前方 6,700mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에서 基線下方 25mm, 船體中心線 右舷側 940mm.

船尾部 Apex: 5 station 後方 2,520mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에 基線下方 120mm, 船體中心線 左舷側 80mm.

#### 10 GT 一本釣兼延繩漁船

船首部 Apex: 5 station 前方 9,000mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에서 基線下方 300mm, 船體中心線 右舷側 1,680mm.

#### 20 GT 流刺網漁船

船首部 Apex: 5 station 前方 10,500mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에서 基線下方 1,400mm, 船體中心線 右舷側 1,400mm.

#### 27 GT 鉸鍊網漁船

船首部 Apex: 5 station 前方 15,900mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에서 基線下方 1,200mm, 船體中心線 右舷側 3,590mm.

船尾部 Apex: 5 station 後方 4,100mm 거리의 基線에 垂直한 Apex line 上에서 基線下方 80mm, 船體中心線 左舷側 320mm.

Table 2. Hull Form Characteristics Influencing on Propulsion Resistance Characteristics : Proposed New Designs

Type of Boat*		5		10		20 D		27 S	
Particulars		Light	Full	Light	Full	Light	Full	Light	Full
Loading condition	<i>LWL</i>	9.63	10.65	11.69	12.76	14.95	16.54	15.61	16.93
	(ft)	(31.59)	(34.94)	(38.35)	(41.86)	(49.05)	(54.26)	(51.21)	(55.54)
	<i>B<sub>mid</sub></i>	2.60	2.60	2.80	2.80	3.60	3.61	4.22	4.43
	<i>T<sub>mean</sub></i>	0.625	0.800	0.755	1.110	0.860	1.350	0.867	1.310
	<i>L/B</i>	3.704	4.096	4.175	4.557	4.153	4.582	3.699	3.822
	<i>B/T</i>	4.160	3.250	3.709	2.523	4.186	2.674	4.867	3.382
	<i>Δ<sub>mid</sub>, s.w.</i>	9.00	12.90	15.00	25.00	25.00	47.00	30.00	53.00
	<i>d' s.w.</i>	9.14	12.95	16.44	26.55	27.39	49.87	36.88	58.73
	<i>v<sub>mid</sub></i>	8.78	12.59	14.63	24.39	24.39	45.85	29.27	51.71
	<i>v'</i>	8.92	12.63	16.04	25.90	26.72	48.65	35.98	57.30
	<i>C<sub>m</sub></i>	0.854	0.896	0.886	0.920	0.820	0.880	0.734	0.802
	<i>C<sub>p</sub></i>	0.655	0.630	0.672	0.646	0.634	0.646	0.641	0.630
	LCB, % <i>LWL</i> aft 1/2 <i>LWL</i> sec.	1.36	-2.25	2.51	0.28	1.04	1.51	2.45	1.37
	1/2 <i>α<sub>s</sub></i>	33.1	42.5	27.5	33.6	25.0	30.2	29.1	26.7
	Trim, % <i>LWL</i>	3.12	2.82	—	—	—	—	—	—
	Sec. area of keel, <i>a</i> , m <sup>2</sup>	0.0504		0.0840		0.1200		0.2160	
	<i>a/A<sub>max</sub></i>	3.71	2.79	4.44	2.93	4.44	2.73	7.40	4.50
	Wetted surface, m <sup>2</sup>	30.07	35.88	42.42	50.44	70.22	85.22	69.36	89.47
	(ft <sup>2</sup> )	(323.7)	(386.2)	(456.6)	(542.9)	(755.8)	(917.3)	(746.6)	(963.0)
	<i>v<sub>mid</sub></i> / ( <i>LWL</i> ) <sup>3</sup>	0.00986	0.01083	0.00916	0.01174	0.00730	0.01013	0.00770	0.01066
Scale of Model		1/10		1/10		1/15		1/15	

Note: \* Refer to Table 1.

*d'*, *v'*: Including keel, skeg and stem attached to the model.

*C<sub>p</sub>* based on *v<sub>mid</sub>* and *LWL*.

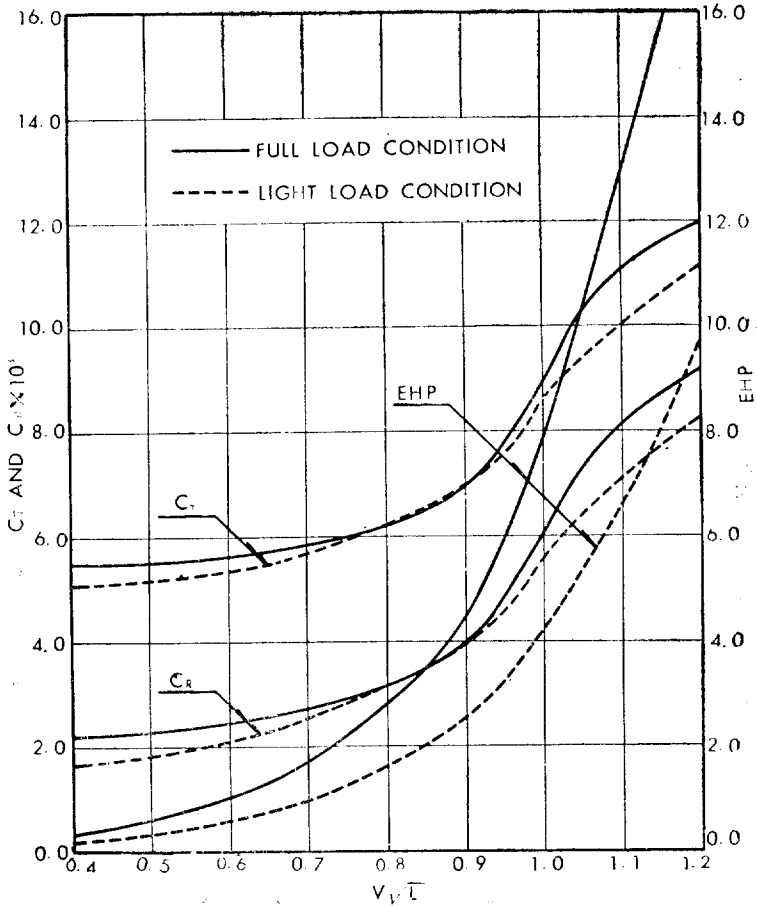


Fig. 10 Resistance Curves: 5 GT Multi-purpose Boat

#### 4. 水槽試驗 및 結果

緒言에서 言及한 바와 같이, 此種 船型의 가장 두드러진 不利點으로 認定되고 있는 推進抵抗性能을 알아 보기 爲하여, 5 GT 및 10 GT는 縮尺 1/10, 20 GT 및 27 GT는 縮尺 1/15의 木製模型을 만들어 서울大學 校 工科大學 模型曳引水槽에서 各船 마다 滿載狀態 및 輕荷狀態에 對하여 抵抗計測試驗을 行하였다.

매우 육중한 船首材, 龍骨, skeg 등이 抵抗性能에 크게 影響을 미칠것을 考慮하여 模型에 이들을 取付했으며, 模型表面은 와니스를 칠하였다. 亂流促進에는 핀이 使用되었는데 핀의 크기는 3.2mm 徑×0.9mm 高이다. 이 핀을 船首材로부터 100mm 後方에 船首材와 거의 平行한 直線上에 6.4mm 間隔으로 取付하였다.

各 狀態에서의 水線長, 吃水, 排水量,  $C_m$ ,  $C_p$ , LCB 및 其他 抵抗性能에 크게 影響을 미칠 船型特性을 Table 2에 要約했다.

試驗結果의 解析은 水溫 21.1°C (70°F)를 基準水溫으로 하고, ITTC-1957 模型—實船 相關曲線[7]에 依據했으며, 實船의 全抵抗係數 算定에 있어서는 表面粗度係數로서  $0.4 \times 10^{-3}$ 을 加算했다.

抵抗試驗의 解析結果는 船別, 狀態別로  $V/V_T$  對  $C_R$ ,  $C_T$  및 EHP 曲線 形式으로 편찬하여 Fig. 10, 11,

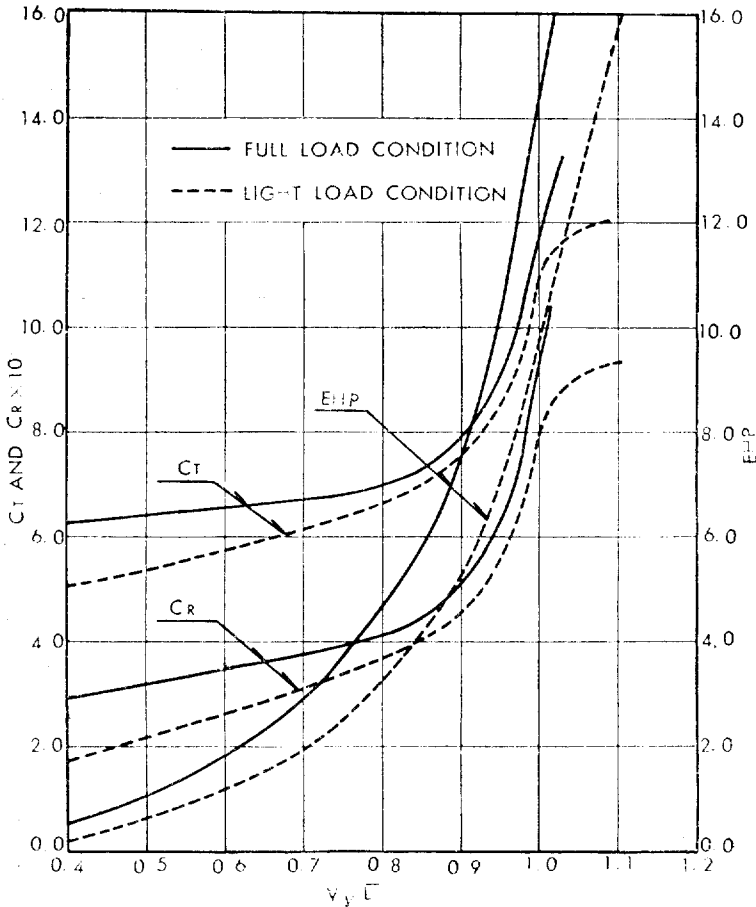


Fig. 11 Resistance Curves: 10 GT Angling and Longlining Boat.

12, 13에 圖示하였다. 또 4種船의 抵抗性能을 直接的으로 比較하기 爲하여 滿載狀態 및 輕荷狀態로 區分하여 綜合한  $\frac{V}{\sqrt{L}}$  對  $C_R$  및  $C_T$  曲線을 Fig. 14, 15에 圖示했다.

### 5. 考 察

Fig. 10, 11, 12, 13의 EHP 曲線으로 부터 推進效率 50%로 假定한다면 Table 3 과 같은 powering schedule 를 얻을 수 있다. 이로 부터 既存 漁船에 據置되어 있는 推進機關으로 現在 運航되고 있는 船速은 實히 얻을 수 있음을 안다. 또 直接的인 嚴密한 比較는 못 되나, Table 3 을  $v/L^3$  및  $C_P$  가 이들과 같거나 매우 近似한 普通船型의 日本 地域 漁船의 powering 實績과 比較하거나, 또는 이들의  $C_R$ -曲線(Fig. 14)을 普通船型을 가진 漁船의 推進馬力推定에 흔히 使用되는 Takagi[8], 및 Taggart[9]의 圖式的 資料와 比較하되 이들의 模型에는 船首材, 龍骨 및 skag 등이 取付되어 있음을 考慮에 넣는다면 이들의 抵抗性能이 普通船型에 比하여 劣等하지 않음을 알 수 있다.



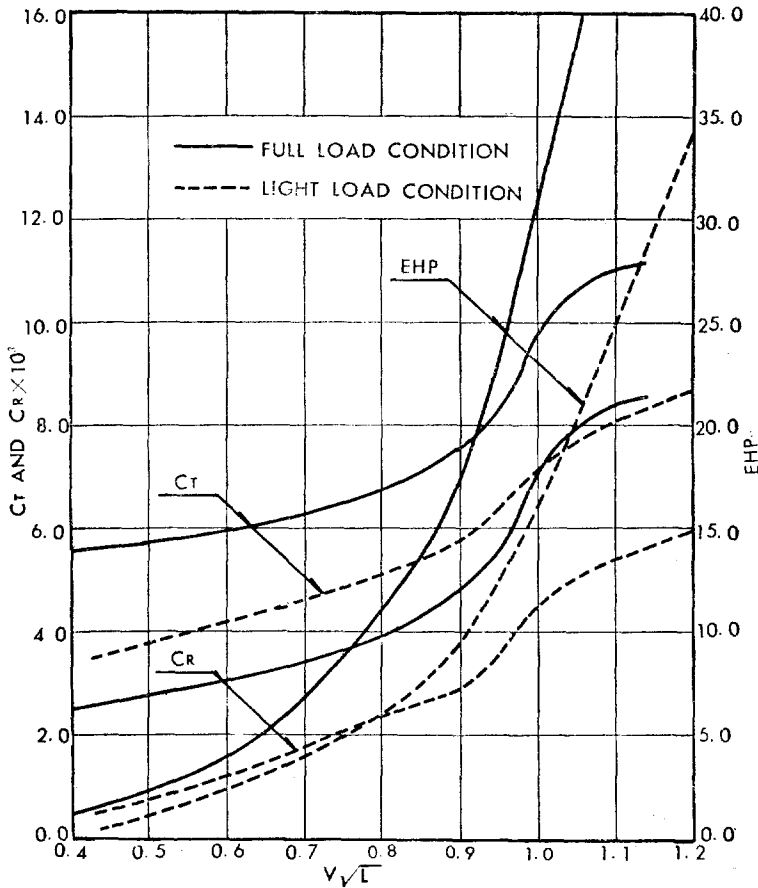


Fig. 12 Resistance Curves: 20 GT Drift and Gill Netter

韓國 沿近海漁船들은 一般的으로  $V/L^3$  값이 큰 편이고 또 幅이 매우 넓은 鈍重한 龍骨과 skeg 를 가졌으므로 같은 값의  $C_P$  및  $V/\sqrt{L}$ 에서 抵抗係數가 다른 나라의 漁船들 보다 크다. 그러나 이  $V/L^3$  값은 漁船運用上의 必要에 依하여 基本計劃上에서 決定되는 것이며 展開可能曲面 船型 自體와 直接的으로 關係되는 因子는 아니다.

筆者는 既往의 研究[6]에서 船價構成比를 船體部 2: 機關部 1로 假定한다면, 漁船運營上의 綜合的 經濟性 見地에서 推進馬力 10~20%의 增加는 船體建造費 8~16%의 輕減에 依하여 充分히 補償될 수 있음을 主張했다. 그런데 Hatch[2], Benford 教授[10] 등은 共히 展開可能曲面의 採用으로 船殼建造費가 複曲面船型에 比하여 最小 25%는 節減될 수 있다고 主張했고, 이 節減率은 鋼船에서 더욱 커진다고 主張하고 있다. 또 Hatch[2]는 船質에는 關係없이 單曲面의 採用으로 工期가 複曲面에 比하여 40~50% 節減되며 船殼工事 工數는 30~40% 節減된 例들을 提示하고 있다.

여기에 보듯이, 學問的 論議 對象은 못되나, 實際的 問題로서 漁船用 小型機關은 機種選擇에 있어서 出力에 對한 選擇의 自由는 매우 制限되고 (報文[11]의 Table 15 參照), 또 漁場이 沿近海 海域이므로 船速에 對한 過度한 慾心은 極히 無謀하다는 點等을 看過할 수 없다.

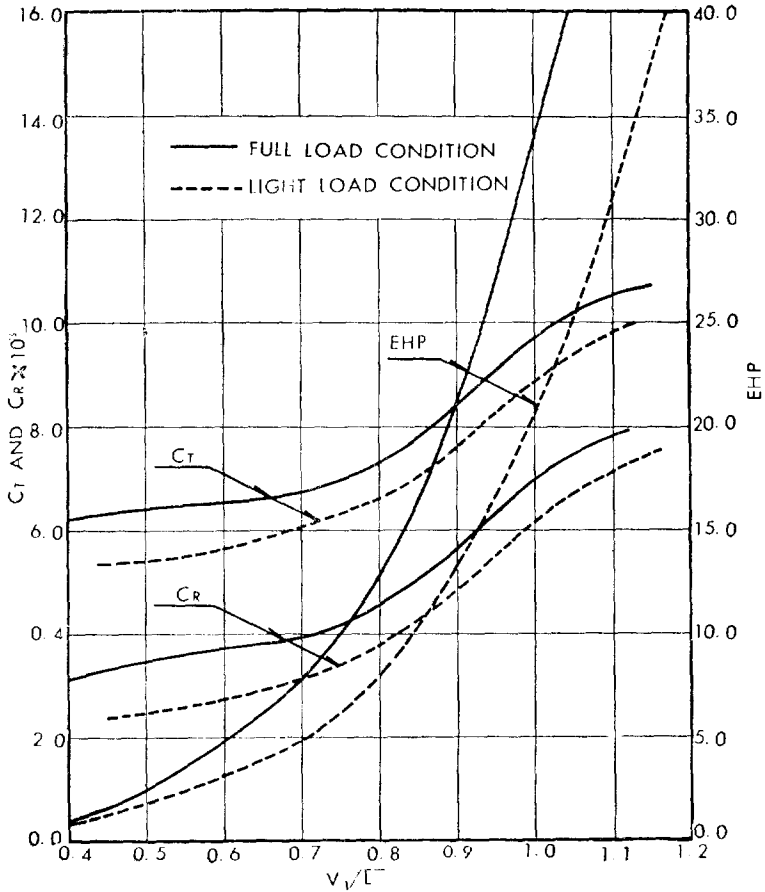


Fig. 13 Resistance Curves: 27 GT Stow Netter

Table 3. Powering Schedule

Type of Boat		5	10	20 D	27 S
Full Condition	$V/\sqrt{L_{WL}}$	1.01	1.00	1.00	0.98
	V knots	6.0	6.5	7.4	7.3
Light Condition	$V/\sqrt{L_{WL}}$	1.13	1.10	1.15	1.09
	V knots	6.7	7.1	8.5	8.1
Engine Power, P.S.		15	30	60	60
Propulsive Efficiency		50% assumed			

따라서 上述한 點과 이미 緒言에서 言及한 展開可能曲面 採用으로 招來되는 餘他の 利點들을 아울러 考慮할 때 이 船型의 利點, 特別 綜合的 經濟性的 優秀性이 더욱 크게 浮刻된다.

Fig. 14, 15에서 보는 바와 같이, 여기에 提示한 船型의 抵抗係數 曲線이 全體的으로  $V/\sqrt{L} = 0.9$  近處로

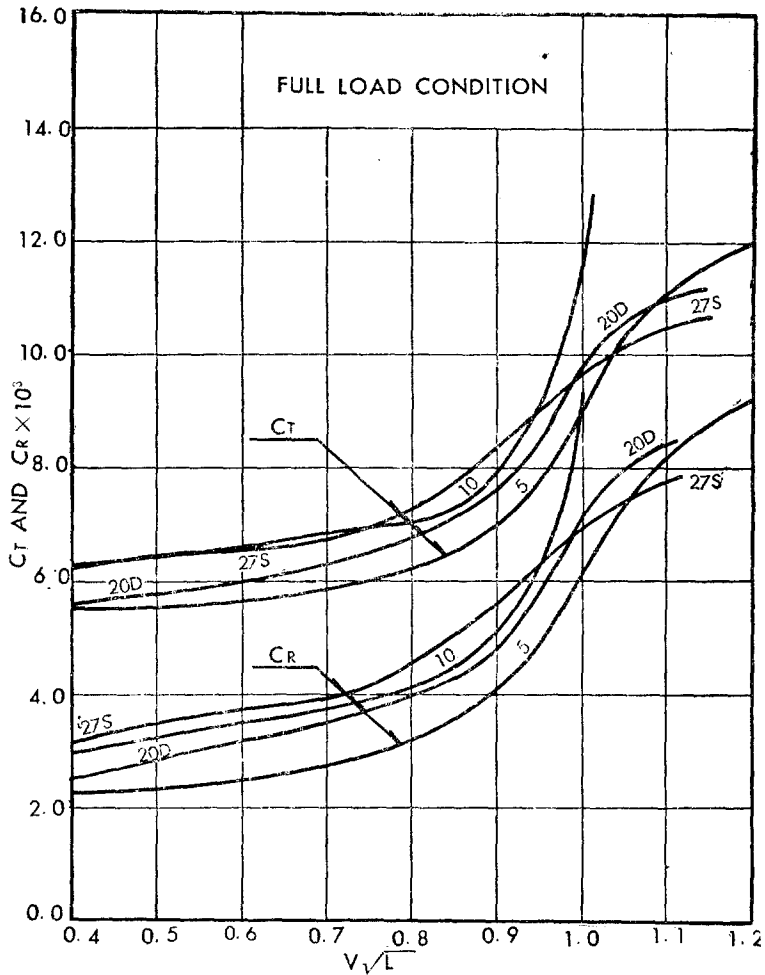


Fig. 14 Summary of Resistance Coefficient Curves: Full Load Condition

부터 hump에 접어드는데 이는 普通船型에서도 共通된 傾向이다. 船種別 및 狀態別로 同一  $V/\sqrt{L}$ 에서  $C_R$  値에 큰 差異를 보이고 있음은 勿論  $F/L^3$ ,  $C_P$  等 Table 2에 주어진 特性值들의 差異가 主 原因이겠으나 chine 形狀의 影響도 包含된다. 特히 10 GT의 抵抗性能이 滿載狀態에서나 輕荷狀態에서 共히  $V/\sqrt{L} > 0.95$ 에서 매우 不良한데 이는 chine 形狀이 同 速長比 範圍에 對해서는 極히 適正치 못함에 起因되는 것으로 判斷된다. 나머지 船型에서는  $C_R$  値의 差와  $F/L^3$  및  $C_P$  값의 差와의 相關關係가 一般理論에 比較的 잘 順應하고 있는 것으로 보인다. 다만 세 船型 共히 滿載狀態에서는  $V/\sqrt{L} > 1.0$ , 輕荷狀態에서는  $V/\sqrt{L} > 1.1$ 에서 좀 複雜한 樣相을 보이고 있다. 여기에서도 chine line 形狀의 影響을 考慮하지 않을 수 없다.

事實上 배 마다 最適 chine 形狀은 每  $V/\sqrt{L}$  값에 對하여 하나 存在한다고 봐야 하는데, 展開可能曲面 船型의 設計에 있어서 이 chine 形狀을 適正하게 決定하는 일은 線圖 作成上 매우 重要한 因子이면서도 가장 어려운 問題에 屬한다.

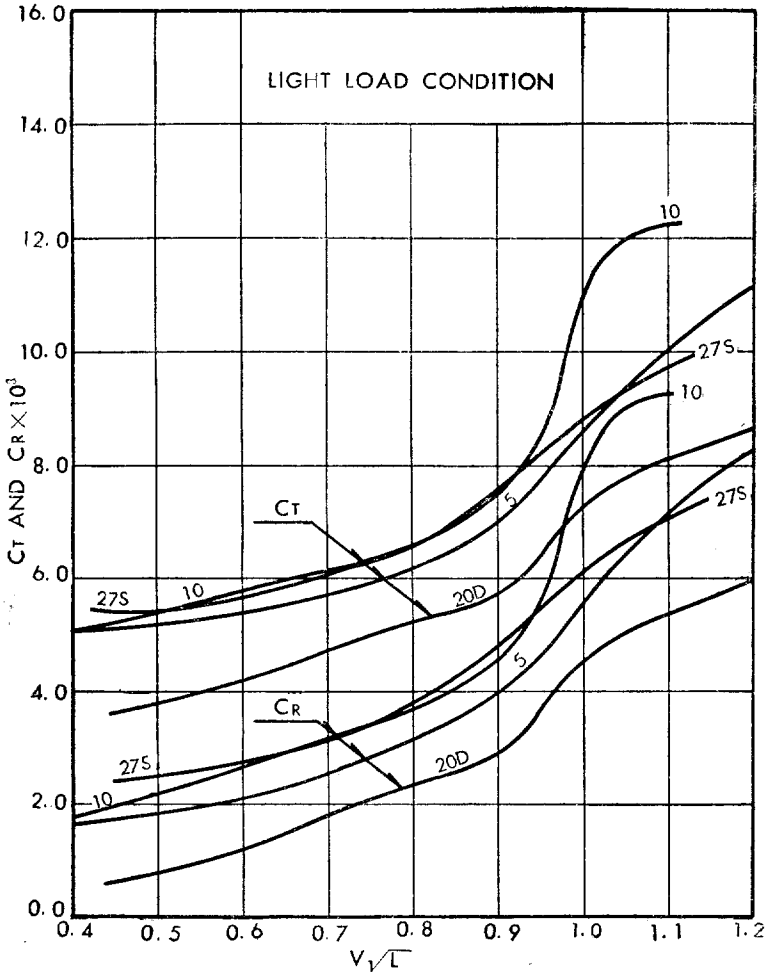


Fig. 15 Summary of Resistance Coefficient Curves: Light Load Condition

展開可能曲面船型은 斷面形狀이 V型이고 또 chine이 있음으로써 橫搖가 매우 부드러우며, 따로 彎曲部龍骨을 取付할 必要가 없다. 따라서 抵抗面에서 chine 形狀을 何만큼 適正히 擇한다면 이것이 抵抗性能에 미치는 惡影響을 彎曲部龍骨의 그것보다 덜 하도록 抑制할 수 있을 것이다. 한편 이 船型에서 LCB가 過度히 뒤로가면 pitching, slamming이 過大해지는 危險이 있다.

彎曲部에서의 稜角이 100~110度 以下로 작지만 많다면 橫方向 흐름의 速度句配 增加가 普通船型에 비해 크게 問題되지 않는다. 그러나 이 稜角이 特別히 問題될 境遇라면 多重背骨稜線을 擇하므로써 解決할 수 있다.

構造面에서 特別히 考慮할 點은 chine 部分의 施工要領이다. 圓形斷面材의 chine batten을 介하여 上, 下部 外板을 이 batten에 接하여 取付하는 것이 가장 效果的인 것이다. 그렇게 하면 彎曲部에서 銳角을 免할 수 있을 뿐만 아니라 이 batten으로 하여금 船側縱通材 役割을 代身시킬 수 있다. 또 이 境遇 肋骨은 上, 下 2材로 하여 chine 部에서 부라켓等을 介하여 連結시킨다면 肋骨材의 寸數 輕減 및 成形加工의 容易性 등의 利點이 있을 것이다.

鋼船 같으면 길이 12~13 m 以上일때 可及의 縱肋骨構造方式을 擇함도 좋을 것이다. 왜냐하면 縱肋骨材를 generating line 의 瞬間位置에 沿하여 配置하므로써 直材使用의 可能性이 크기 때문이다. 그러나 그 代身 隔壁等과의 固着施工의 繁雜이 따를 것이므로 單的으로 말하기는 어려운 問題이다. 展開可能曲面에서는 船質에 關係없이 外板材는 可及의 큰 것을 使用함이 有利할 것임은 曲面性質上 分明하다. 그렇게 해도 成形加工過程에서 生起는 殘留應力이 이 船型에서는 普通船型에 比하여 매우 작을 수 있다.

## 6. 結 論

우리나라 沿近海漁船의 近代化 乃至는 綜合性能의 效果的 向上을 圖謀하기 위하여서는 具體的으로 解決하여야 할 많은 工學的 問題들이 있는데 [11], 이들 問題中의 하나로서 船型을 우리나라 沿近海漁業構造의 環境의 與件이나 綜合的 經濟性等 實際的 問題들을 勘案하여, FRP 手積層이나 Ferro-Cement 에 依한 造船의 境遇를 除外한다면, 繼續하여 展開可能曲面 船型으로 開發해 나감이 有利할 것임을 主張한다.

그러므로 代表的 沿近海漁船 4種을 展開可能曲面으로 試設計하고 模型水槽試驗에 依하여 從來 이 船型의 가장 두두더진 不利點으로 認識되어 왔던 抵抗性能을 究明하였다. 이로부터 이 船型의 抵抗性能이 普通 船型에 比하여 通念的으로 알아왔던 것 처럼은 劣等하지 않음이 確認되었고, 結果的으로 이 船型의 가지는 綜合的 經濟性的 魅力이 더욱 크게 浮刻된다.

또 船體運動 및 構造面에서의 몇가지 基本的 因子들의 考察을 通하여서, 이 船型에서 設計上 調整可能한 몇가지 因子들을 잘 理解하고 設計한다면, 漁船으로서의 餘他 性能도 훌륭히 必要한 水準을 維持할 수 있음을 알았다.

여기서 提示한 展開可能曲面의 幾何學은 쉽게 익힐 수 있는 內容이므로 그 活用에 依한 任意的 適正한 展開可能曲面 作圖는 容易할 것으로 믿는다. 또 提示된 線圖는 이들 船種에 對한 展開可能曲面 船型으로서 가장 適正한 것이라고는 말할 수 없으나 造船工法이나 漁船運用上 在來 慣習에 對해서도 別 支障없이 採擇할 수 있을 것이므로 多元的인 船質改良에 直接的으로 도움이 될 것으로 믿는다.

우리나라 沿近海漁船과 같은 類型의 小型漁船에 對한 模型水槽試驗 資料는 貴한 便이다. 따라서 Fig. 10으로부터 Fig. 15까지의 抵抗曲線 및 Table 3 등은 既存漁船의 機械化 및 新造漁船에 對한 適正한 船速 및 推進馬力 決定과 推進器設計等に 크게 活用될 수 있을 것으로 期待한다.

## 後 記

本 研究는 報文 “韓國 沿近海漁船의 特性” [11]과 함께 第一回 東亞 自然科學獎勸金에 依하여 遂行되었다. 이 機會를 빌려 同 運營委員會에 甚深한 謝意를 表한다. 또 本 研究 遂行過程에서 많은 助言을 주신 金在瑾教授와 作圖, 模型의 製作 및 試驗, 計算等を 도와준 權寧中, 金鍾淳, 梁承一等 諸氏에게 感謝를 드린다.

## 參 考 文 獻

- [1] D. DeGroot: "Resistance and Propulsion of Motor Boat," *International Shipbuilding Progress*, Vol. 2, No. 6, 1955.
- [2] G.N. Hatch: "Conic Boats—Part(1), (2), (3), (4), (5)", *Ship and Boat Builder International*, March, April, May, June and July, 1964.
- [3] U. Kilgore: "Developable Hull Surface", *Fishing Boats of the World*, Vol. 3, FAO, 1966.

- [4] L.W. Ferries :“A Standard Series of Developable Surface”, *Marine Technology*, Vol. 5, No. 1, SNAME, 1968.
- [5] D.S. Simpson: “Small Craft, Constructin and Design”, *Trans. SNAME*, Vol. 59, 1951.
- [6] 金極天 :“V型 直線船型의 特性”, 大韓造船學會誌, 第1卷 第1號, 1964.
- [7] J.B. Hadler: “Coefficients for International Towing Tank Conference 1957 Model-Ship Corelation Line,” *DTMB Report*. No.1185, 1958.
- [8] A. Takagi, T. Inui, and S. Nakamura: *Graphical Methods for Power Estimate of Fishing Boat*, Japan, 1950.
- [9] R. Taggart: Discussion on “Tugboat Design” by C.D. Roach, *Trans. SNAME*, Vol. 62, 1954.
- [10] H. Benford: Discussion on the Pape [3], *Fishing Boat of the World*, Vol. 3, FAO, 1966.
- [11] 金極天 :韓國 沿近海漁船의 特性, 서울大學校 工科大學 造船工學科 報文 F-1, 1970年 7月