

社 団 法 人

# 日本造船研究協会報告

第 67 号

昭 和 44 年 3 月

---

高経済性船舶の運航性能に関する研究……………第61研究部会

Investigation of Propulsive and Steering Performances  
of High Economy Ships……………The 61st Research Committee

---

Report No. 67

The Shipbuilding Research Association of Japan

Tokyo, JAPAN

March 1969

第61研究部会委員名簿

部会長	重川 渉			
幹事	安部 光弘	岩田 達三	野本 謙作	元良誠三
	森 信篤	渡辺 恭二		
委員	赤津 誠章	浅野 修一	石井 信夫	石井 正夫
	井上 正祐	乾 崇夫	宇川 納	岡田 正次郎
	龟谷 日出彦	北島 義久	国安 常雄	笹島 秀雄
	都 実	島田 広二	清水 清	田井 亮一
	塚本 周吉	土田 陽	中川 悅郎	西岡 正美
	豊田 昭三	福田 隆一	別所 正利	松浦 一
	松岡 剛	松岡 孝亘	松岡 史香	松本 安三郎
	矢崎 敦生	弓削 篤	横見 敏雄	吉田 愛次

Membership of the 61st Research Committee

Chairman	W. SHIGEKAWA			
Secretaries	M. ABE	T. IWATA	K. NOMOTO	S. MOTORA
	N. MORI	K. WATANABE		
Members	S. AKATSU	S. ASANO	N. ISHII	M. ISHII
	M. INOUE	T. INUI	T. UKAWA	S. OKADA
	H. KAMETANI	Y. KITAJIMA	T. KUNIYASU	H. SASAJIMA
	M. SHITOMI	K. SHIMADA	K. SHIMIZU	R. TAI
	S. TSUKAMOTO	K. TSUCHIDA	E. NAKAGAWA	M. NISHIOKA
	S. TOYODA	R. FUKUDA	M. BESSYO	H. MATSUURA
	T. MATSUOKA	T. MATSUOKA	S. MATSUOKA	Y. MATSUMOTO
	A. YAZAKI	A. YUGE	T. YOKOMI	A. YOSHIDA

# Investigation of Propulsive and Steering Performances of High Economy Ships

## 1. Object of Investigation

Ships built recently in these few years are specially required to possess the capability of high economy. Consequently, vessels such as oil tankers and ore-carriers are becoming larger, fuller and wider.

A research on these huge ships has been carried out by the 41st Research Committee of this association concerning the relationship between the factors of their hull form and propulsive performance employing series model test. However, it seems to us that the widening breadth of ships will go beyond the applicable range of such data in the nearest future. So, along this trend, the investigation was schemed to obtain data for estimating the propulsive and steering performances of giant ships as well as for improving the performance itself.

## 2. Contents of Investigation

Assuring a single-screw ship 240 m long and propelled by a 30,000 ps  $\times$  120 rpm main engine, the experiments were carried out on a number of models of 1/40 scale, namely 6 m long. The parent model has ordinary bow, and contents of research are as follows.

### 2.1 Research on Resistance and Propulsion

#### (1) Series Model Test in Still Water (See Fig. 2.1-1)

Factors of hull form of the parent form are  $C_B$ : 0.80,  $L/B$ : 6.0,  $B/d$ : 2.76 and  $lcb$ : -1.5%. The following five series were taken up in order to know the relationship between the factors of hull form and propulsive performance from the results of resistance and selfpropulsion test in full load condition, in half load condition (65% of full displacement, 1% L trim by the stern) and in ballast condition (44% of full displacement, 2% L trim by the stern)

##### (i) $L/B$ , $B/d$ Series

Model tests were carried out for the ship forms of factors  $L/B$  and  $B/d$  combined as shown in Fig. 2.1-1, when  $C_B$  was changed to 0.78, 0.80 and 0.82. The Value of  $L/B$  were 5.5, 5.75 and 6.0, and  $B/d$  were 2.46, 2.76, 3.06 and 3.36.

##### (ii) $C_B$ Series

Model tests were conducted for the parent form and three modified forms, the  $C_B$  of them were 0.78, 0.82 and 0.84 respectively.

(iii) *lcb* Series

Model tests were also done for the parent form and three modified forms, the *lcb* of them were -2.25%, -3.0% and -3.75%.

(iv) *C<sub>B</sub>* Series of Twin-Screw Ship and Comparison between Single-Screw Ship and Twin-Screw Ship

*C<sub>B</sub>* series model tests were carried out for the twin-screw ship forms, the *C<sub>B</sub>* of them were 0.80, 0.82 and 0.84, while L/B=6.0, B/d=2.76 and *lcb*=-2.25% in common. We compared these results with those of the corresponding single-screw ship, model of the *lcb* series.

(v) Arrangement and Computation of Results of Series Model Tests

All results of the aforesaid series model tests for single-screw ship were computed and arranged, from which we obtained data for estimating the power of main engine necessary to propel a giant ship at usual speed.

(2) Model Tests in Waves

Self-propulsion tests in waves were performed on the 4.5 m model similar to the parent form, the wave lengths were 50, 75, 100, 125, 150, 200 and 250% of the length of model while the wave height was always retained about 0.11 m.

(3) Experiments on Stream Lines around Body of Full Ship Form

We surveyed the directions of stream lines around the stern parts of models and measured the distributions of velocity in the boundary layer of the stern for the parent form and three modified ship forms, the L/B of them were 5.5, 6.5 and 7.0. Furthermore, we observed the stream lines around the stern part of model which had an abnormal bow and stern form, and measured the wake distribution at the position of propeller. Analyzing these results, we examined the estimation of the wake distribution of full size ships.

(4) Analysis of Standardized Sea Trial Results

Collecting the records of progressive trial of twelve large ships, the lengths of them were from 216 m to 249 m, we investigated the correlation between the propulsive performance of model ship and that of full scale ship.

## 2.2 Maneuverability Researches

(1) Series Model Test

Circle turning and zig-zag steering tests were conducted for models with length-beam ratio of 5.5, 6.0, 6.5 and 7.0, firstly to investigate the effect of L/B upon steering Performance. It appeared soon, however, that ship-model correlation was badly spoiled in such tests by a peculiar flow pattern found at the stern of these models. Thus we were forced

to change the original plan and made some survey to this phenomenon.

This was never experienced for actual ships, so far as concerned the length-beam ratio larger than 6.3 that was the least figure for actual ships involved in the present project. Eventually the stern form of series model was modified so as to eliminate this abnormal flow, keeping the longitudinal distribution of volume unchanged, and another series of circle-turning and zig-zag trial was carried out for these modified stern models to investigate how the L/B, B/d and  $C_B$  effect on maneuverability.

## (2) Research on Ship-Model and Model-Model Correlation

The Mariner type ship as proposed by the International Towing Tank Conference as an international co-operative test program, was taken for this purpose. Circle turning and zig-zag trials were conducted with six similar models whose lengths were 1.2m, 1.5m, 1.8m, 2.5m, 4.0m and 5.04m respectively.

## 2.3 Power loss Caused by Periodic Steering

A series of selfpropulsion test for the parent model with periodic rudder movement was carried out to investigate propulsive power loss caused by periodic steering which was often found to be induced by automatic steering devices.

# 高経済性船舶の運航性能に関する研究

## 目 次

1	概 要 .....	1
1. 1	目 的 .....	1
1. 2	試験研究の内容 .....	1
1. 3	経 過 .....	3
2	推進・抵抗に関する研究 .....	4
2. 1	静水中系統的模型試験 .....	4
2. 2	波浪中模型試験 .....	68
2. 3	肥大船まわりの流線に関する試験 .....	74
2. 4	標準試運転成績の解析 .....	85
3	旋回・操縦に関する研究 .....	88
3. 1	系統的模型試験 .....	88
3. 2	旋回・操縦性相關試験 .....	103
4	操舵に伴なう馬力変動試験 .....	105
5	結 言 .....	106

# 1 概 要

## 1. 1 目 的

近年建造される船舶については、高経済性が特に要求され、このため、油送船、鉱石運搬船等の専用船はますます大形、肥大化するとともに広幅化の傾向をたどりつつある。このような肥大船型については当会第41研究部会<sup>1)</sup>においてもとり上げ、系統的模型試験を行なって船型要素と推進性能との関係を求めているが、広幅化の傾向は現存のこれら資料の枠外にはみ出す日も遠くないことが考えられ、これらの船型の運航性能を推定する資料を求め、また性能向上を図ることが緊急の課題となった。

本研究においては、今後建造を予想される超大型船舶に直接関連のある船型について、従来行なわれていなかった種類の系統的船型試験を行なって、これらの船型要素と推進性能との関連を求め、1軸船型と2軸船型との性能比較を行ない、推進性能に特に影響を持つ船尾部形状と流線との関連を明確にして、推進性能の向上を図り、また、標準試運転法にしたがって実施された速力試運転成績の解析結果を収集して、水槽試験結果と実船性能との相関性を求め、さらに模型試験において顕著に現われた操縦性能試験上の特異現象を明確にして、模型試験により実船の操縦性を求める目的とした。

さらに、一部の船型については波浪中における推進性能推定の資料をうるために波浪中試験を行ない、また肥大船に装備される自動操舵装置による周期的操舵が運航性能に及ぼす影響を調査するために模型試験を実施した。

## 1. 2 試験研究の内容

本試験研究は、長さ 240m、塔載機関 30,000 ps × 120 rpm の 1 軸船を想定実船とし（模型船の長さを 6m としたので縮率は  $1/40$ ），普通型船首をもつ船型を原型として行なったが、その内容は次のとおりである。

### 1. 2. 1 推進・抵抗に関する研究

#### (1) 静水中系統的模型試験 (Fig. 2.1-1 参照)

この試験は  $C_B=0.80$ ,  $L/B=6.0$ ,  $B/d=2.76$ ,  $lcb=-1.5\%$  の船型を原型とし、次のように分類して、満載状態、半載状態（満載の65%排水量、船尾トリム  $1\%L$ ）、バラスト状態（満載の44%排水量、船尾トリム  $2\%L$ ）の抵抗、自航試験を行ない、またプロペラ単独試験を行なって船型要素と推進性能との関係を求めたものである。

##### (i) $L/B$ , $B/d$ シリーズ

$C_B=0.78$ , 0.80, 0.82において、 $L/B=5.5$ , 5.75, 6.0,  $B/d=2.46$ , 2.76, 3.06, 3.36, を Fig. 2.1-1 のとおりに組合せた船型について試験を行なった。

##### (ii) $C_B$ シリーズ

<sup>1)</sup> 超大型船の運航性能に関する研究、日本造船研究協会報告、第31号

原型およびこれの  $C_B$  を 0.78, 0.82, 0.84 に変えた船型について試験した。

(iii)  $lcb$  シリーズ

原型とその  $lcb$  を  $-2.25\%$ ,  $-3.0\%$ , および  $-3.75\%$  に変えた船型について試験を行なった。

(iv) 2 軸船型の  $C_B$  シリーズと 1 軸, 2 軸船型の比較

$L/B=6.0$ ,  $B/d=2.76$ ,  $lcb=-2.25\%$  について,  $C_B$  を 0.80, 0.82 および 0.84 に変えた 2 軸船型について  $C_B$  シリーズ試験を行ない, また 1 軸船型  $lcb$  シリーズの  $lcb=-2.25\%$  について試験を行なって 1 軸, 2 軸船型の性能比較を行なった。

(v) シリーズ試験結果のとりまとめ

以上の 1 軸船型シリーズ試験の結果をとりまとめ, 大形船の常用速度付近における所要馬力概算の資料を作成した。

(2) 波浪中模型試験

原型と相似の 4.5m 模型により, 波高が常に約 0.11m, 波長が模型長さの 50, 75, 100, 125, 150, 200, および 250% の人工波中で自航試験を行なった。

(3) 肥大船まわりの流線に関する試験

原型およびその  $L/B$  を, 5.5, 6.5 および 7.0 に変化させた 4 種の船型について船尾部船体まわりの流線方向および境界層内速度分布を求め, さらに船尾部および船首部の形状を極端に変えた船型について船尾部の流線観測, 推進器位置の伴流を求め, 実船の伴流分布の推定について検討した。

(4) 標準試運転成績の解析

長さが 216m～249m の大形船の速力試運転結果を合計 12 隻について収集し, 模型と実船との推進性能の相関性を求めた。

### 1.2.2 旋回・操縦に関する研究

(1) 系統的模型試験

まず, 原型およびこれの  $L/B$  を 5.5, 6.5, および 7.5 に変えた 4 種の船型について 旋回および操縦試験を行なって  $L/B$  の影響を求めようとしたが, 小舵角 Z 試験の結果, 実船の進路不安定性に対し, 模型船では逆に進路安定となる結果が得られたので, この模型船において現われる特異現象の発生原因を追求し, 比較的特異現象の現われない船尾形状を求め, この船型について  $L/B$ ,  $B/d$ ,  $C_B$  の操縦性に及ぼす影響を定性的に求めた。

(2) 旋回・操縦性に関する相関性試験

I. T. T. C. の国際共同研究に協力して, マリナー型貨物船につき, 長さ 1.2m, 1.5m, 1.8m, 2.5m, 4.0m および 5.04m の 6 隻の相似模型船を製作して 旋回試験および一部 Z 試験を行ない, 実船試験結果との相関性を求めた。

### 1.2.3 操舵にもとづく馬力変動試験

原型模型船について操舵周期を 15, 30 および 45 sec の 3 種に変え, また舵角を 5°, 10°, 15°

および $20^{\circ}$ に変えて自航試験を行ない、馬力の変動量を求めた。

### 1. 3 経過

本研究は昭和38年4月に開始し、昭和41年8月に終了した。昭和38年度においては、 $L/B$ ,  $B/d$  シリーズの  $C_B=0.80$  を中心とする系統的試験、 $C_B$  シリーズ試験、波浪中試験、旋回・操縦性に関する相関性試験、操縦に伴なう馬力変動試験を行ない、旋回、操縦系統的試験および標準試運転成績の解析は昭和38年度より昭和40年度まで引き続き3か年間にわたり実施した。

昭和39年度においては、 $L/B$ ,  $B/d$  シリーズについては  $C_B=0.80$  の追加試験および  $C_B=0.82$  を中心とする系統的試験を実施し、肥大船まわりの流線に関する試験を開始して昭和40年度まで継続した。

昭和40年度においては、 $L/B$ ,  $B/d$  シリーズでは  $C_B=0.80$  の補遺と、 $C_B=0.78$  について追加試験を行ない、さらに  $lcb$  シリーズ、2軸船型の  $C_B$  シリーズおよび1軸、2軸船型の推進性能比較試験を行なった。

なお、これら試験の実施場所、とりまとめ担当場所は次のとおりである。

#### 推進抵抗に関する研究

静水中系統的模型試験…………三菱重工業（株）船型試験場、船舶技術研究所推進性能部、防衛庁技本第1研究所第3部

波浪中模型試験…………防衛庁技本第1研究所第3部

肥大船まわりの流線に関する試験…………大阪大学工学部

標準試運転成績の解析とりまとめ…………船舶技術研究所推進性能部

#### 旋回・操縦に関する研究

系統的模型試験…………大阪大学工学部、船舶技術研究所運動性能部

旋回・操縦性に関する相関性試験…………石川島播磨重工業（株）、大阪大学工学部、船舶技術研究所運動性能部、九州大学工学部、東京大学工学部

操舵に伴なう馬力変動試験…………三菱重工業（株）船型試験場

また、推進、抵抗関係シリーズ試験結果のとりまとめは大阪大学、大学院学生、吳清達氏の協力を得て行なった。

## 2 推進・抵抗に関する研究

### 2.1 静水中系統的模型試験

#### 2.1.1 概要

##### 2.1.1.1 目的および内容

本試験は1軸超大型船型の船型要素が、船舶の抵抗および推進性能にいかなる影響を及ぼすかを明らかにするために実施したものである。

この系統的模型試験に含まれるシリーズは次のとおりで、これらを図示したものがFig. 2.1-1である。

- (1)  $L/B, B/d$  シリーズ
- (2)  $C_B$  シリーズ
- (3)  $lcb$  シリーズ

なお、超大型船舶では船型が広幅化し、また機関出力が増大する関係上2軸船型となることが考えられるので、1軸と2軸船型との性能比較を行なうために、次のシリーズが付け加えられた。

- (4) 2軸船型  $C_B$  シリーズ

#### 2.1.1.2 模型船および模型プロペラ

前項に述べたシリーズ試験に使用した模型船はTable 2.1-1に示すとおりで、いずれも長さ 6.0m の木製である。(模型番号に U, N, B の記号をつけたのは船研、三菱、防衛省の模型番号であることを示す。)

これらのシリーズにおいて原型とした船型はTable 2.1-1中のU. M. No. 1725 (N. M. No. 1592) で、その寸法比などは

$$L/B = 6.0$$

$$B/d = 2.76$$

$$C_B = 0.80$$

$$lcb = -1.5\% L_{PP} \quad (L_{PP} の中央部より、1.5\% L_{PP} だけ前方にある)$$

のとおりで、線図は第41研究部会、船舶技術研究所などにおける従来の系統的試験とも関連づけられるように、第41研究部会の普通型船首船型の線図を採用し、リアクション舵を付けた。ただ本研究では想定実船として、長さ 240 m (模型船の縮率は  $1/40$ )、塔載主機関 30,000ps × 120rpm を想定したので、船尾骨材付近の形状は第41研究部会のそれとは若干異なり、プロペラ孔の形状が相対的に小さくなっている。原型に対する正面線図およびオフセットをそれぞれ Fig. 2.1-2 および Table 2.1-2 に示す。各模型船の詳細は各節で説明する。

模型プロペラは、前記の想定実船に対して設計したものを製作して使用した。使用した模型プロペラの番号はTable 2.1-1に示した。原型船型に対する模型プロペラ U. P. No. 1562 (N. P. No. 1352)

の形状および要目を Fig. 2.1-3 に示す。

### 2.1.1.3 試験状態および試験の種類

試験時の標準載貨状態は次の 3 種である。

- (1) 満載状態：イーブン・キールとする。
- (2) 満載状態の 65% 排水量（半載状態という）：1%  $L_{PP}$  の船尾トリムを有する。
- (3) 満載状態の 44% 排水量（バラスト状態という）：2%  $L_{PP}$  の船尾トリムを有する。

模型船はいずれも副部つきの状態（ただし、模型船にはビルヂ・キールをつけない）で試験を行なった。また乱流促進装置としては、高さ約 1 mm の梯形ピンを約 10 mm 間隔に、S. S. No. 9 1/2 の位置に 1 列に植えた。

試験の種類は次のとおりである。

- (1) 抵抗試験
- (2) 自航試験

速度範囲はフルード数で 0.10～0.23

- (3) プロペラ単独試験

### 2.1.1.4 試験結果の整理の方針

#### (1) 抵抗試験

摩擦抵抗算定の基準式としては Schoenherr の式を採用し、粗度修正係数は、模型船においては 0 とし、試験結果はフルード数 ( $Fn = V / \sqrt{g \cdot L_{DWL}}$ ) ベースに剩余抵抗係数 ( $r_R$ ) の形で示した。

#### (2) 自航試験

自航試験に使用する抵抗修正量は船舶技術研究所および防衛庁技本では上記 Schoenherr の式（粗度修正係数を模型船で 0、実船で -0.0002 とする）、三菱重工業（株）船型試験場では Prandtl-Schlichting の式（模型船に対しては係数  $\zeta = 0.455$ 、実船に対しては  $\zeta = 0.49$ ）を用いるというそれぞれの慣用の方法にしたがった。これらの算式による抵抗修正量の相違は、自航要素にはほとんど影響を与えないと考えられるので、試験結果にそのまま自航要素の形で無次元表示した。

#### (3) プロペラ単独試験

前進係数ベースに、スラスト係数、トルク係数およびこれらの曲線から算定した効率を示す。

#### (4) 実船への馬力換算

馬力の形で比較を行なう便宜のために、次に示す仮定のもとに実船の馬力曲線を作成した。

実船の長さ 240 m ( $L_{PP}$ )

実船用プロペラ 使用した模型プロペラの 40 倍大のものとする。

粗度修正係数 ( $\Delta C_f$ ) Schoenherr の式に対し -0.0002 とする。

自航要素の尺度影響 考慮しない。これらの妥当な値は今後の標準試運転成績の解析結果から求められるものと考えた。

Table 2.1-1

(1)  $L/B$ ,  $B/d$  Series (◎.....Mother Form)

U. M. No.	N. M. No.	$L_{PP}$ (m)	$B$ (m)	$d$ (m)	$L/B$	$B/d$	$C_B$	$lcb$	P. No.
1937		6.000	1.000	0.2976	6.0	3.36	0.80	-1.5%	U. 1723
1726		6.000	1.000	0.3268	6.0	3.06	0.80	-1.5%	U. 1563
1728		"	1.0435	0.3410	5.75	"	"	"	U. 1565
1730		"	1.0909	0.3565	5.5	"	"	"	U. 1567
◎ 1725		6.000	1.000	0.3623	6.0	2.76	0.80	-1.5%	U. 1562
1727		"	1.0435	0.3781	5.75	"	"	"	U. 1564
1729		"	1.0909	0.3953	5.5	"	"	"	U. 1566
1753		6.000	1.0909	0.4435	5.5	2.46	0.80	-1.5%	U. 1703
1754		"	1.0435	0.4242	5.75	"	"	"	U. 1702
1755		"	1.0000	0.4065	6.0	"	"	"	U. 1701
	1658	6.000	1.0909	0.3953	5.5	2.76	0.82	-1.5%	N. 1374
	1660	"	1.0435	0.3781	5.75	"	"	"	N. 1376
(1725)	1593	"	1.000	0.3623	6.0	"	"	"	N. 1352
	1657	6.000	1.0909	0.3565	5.5	3.06	0.82	-1.5%	N. 1373
	1659	"	1.0435	0.3410	5.75	"	"	"	N. 1375
	1661	"	1.000	0.3268	6.0	"	"	"	N. 1377
1938		6.000	1.000	0.3953	5.5	2.76	0.78	-1.5%	U. 1566
1939		"	"	0.3563	"	3.06	"	"	U. 1567

(2)  $C_B$  Series

U. M. No.	N. M. No.	$L_{PP}$ (m)	$B$ (m)	$d$ (m)	$L/B$	$B/d$	$C_B$	$lcb$	P. No.
	1591	6.000	1.000	0.3623	6.0	2.76	0.78	-1.5%	N. 1352
1725	1592	"	"	"	"	"	0.80	"	"
	1593	"	"	"	"	"	0.82	"	"
	1594	"	"	"	"	"	0.84	"	"

(3)  $lcb$  Series

U. M. No.	N. M. No.	$L_{PP}$ (m)	$B$ (m)	$d$ (m)	$L/B$	$B/d$	$C_B$	$lcb$	P. No.
1725	1592	6.000	1.000	0.3623	6.0	2.76	0.80	-1.5 %	N. 1352
	1751	"	"	"	"	"	"	-2.25%	"
	1752	"	"	"	"	"	"	-3.0 %	"
	1753	"	"	"	"	"	"	-3.75%	"

(4)  $C_B$  Series (Twin Screw) and Comparison of Single and Twin Screw Ship Forms

B. M. No.	N. M. No.	$L_{PP}$ (m)	$B$ (m)	$d$ (m)	$L/B$	$B/d$	$C_B$	$lcb$	P. No.
197		6.000	1.000	0.3623	6.0	2.76	0.80	-2.25%	1724
198		"	"	"	"	"	0.82	"	
199		"	"	"	"	"	0.84	"	
196 (Single Screw)	1751	"	"	"	"	"	0.80	-2.25%	N. 1352

U.....Unken

N.....Nagasaki

B.....Bōeichō (Meguro)

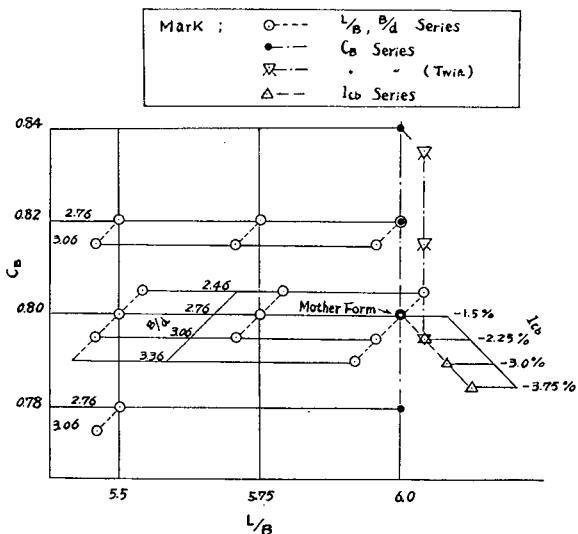


Fig. 2.1-1

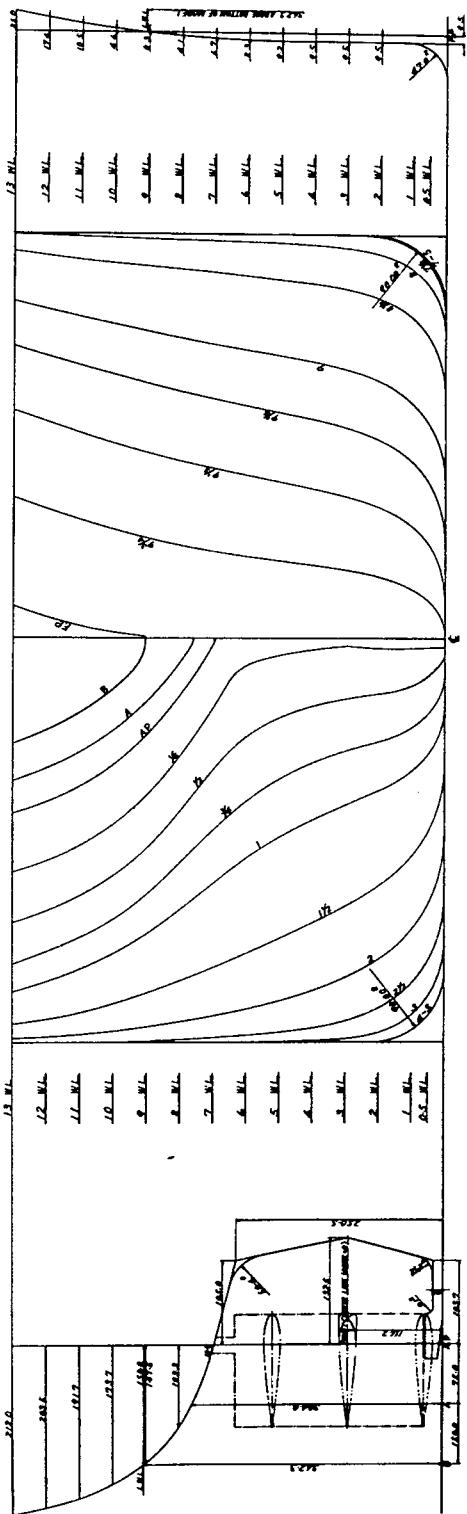


Fig. 2.1-2

MODEL PROP NO. 1562

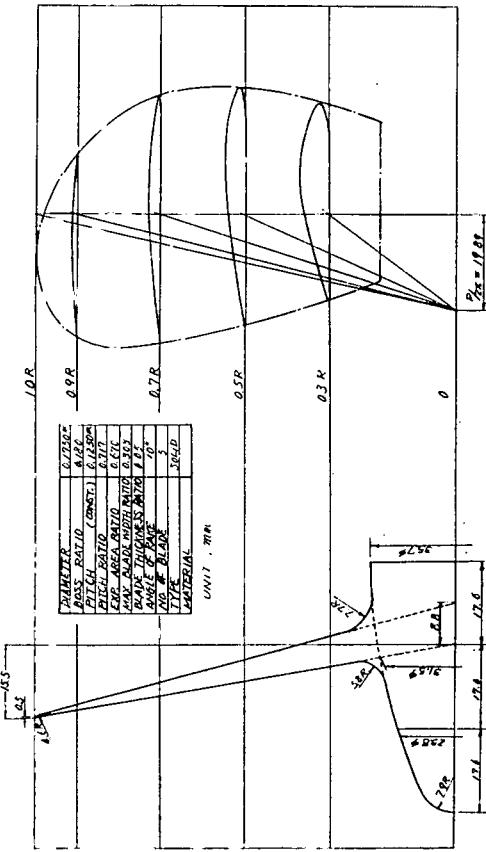


Fig. 2.1-3

Table 2.1-2

**MODEL SHIP NO. 1725**

LENGTH OF MODEL / LENGTH OF SHIP = 40.000

**PARTICULARS**

LENGTH (BETWEEN PERPENDICULARS)										6.0.0.0. m.									
LENGTH (ON L. W. L.)										6.1.5.00. m.									
BREADTH (INCLUDING SKIN)										1.0.0.0. m.									
DRAFT (INCLUDING SKIN) DESIGNED FULL LOAD										3.623 m.									
RISE OF FLOR										0 m.									
STARTING POINT OF RISE OF FLOOR FROM CENTER LINE										0 m.									
RADIUS OF BILGE CIRCLE										0.900 m.									
MEAN THICKNESS OF SHELL PLATINGS										0.400 m.									
WATER LINE, BOW AND BUTTOCK LINE APART										0.400 m.									
SQUARE STATION APART										6.000 m.									

**OFFSET OF PLATED HULL**

NO. OF STATIONS	HALF BREADTH (m.)										HEIGHT ABOVE BOTTOM OF MODEL (m.)											
	5 W.L.	1 W.L.	2 W.L.	4 W.L.	6 W.L.	8 W.L.	10 W.L.	12 W.L.	13 W.L.	WL.	W.L.	WL.	5 B.L.	1 B.L.	2 B.L.	4 B.L.	6 B.L.	8 B.L.	10 B.L.			
B	20.0	40.0	80.0	160.0	320.0	400.0	480.0	520.0	570.0	62.7	114.6	131.1	20.0	40.0	80.0	160.0	240.0	320.0	400.0	480.0		
A. P.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.0	114.6	161.5	177.5	30.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0	480.0	
A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.0	138.9	207.5	276.3	290.0	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0	480.0
1/4	16.0	32.0	64.0	128.0	256.0	384.0	512.0	640.0	768.0	20.5	73.9	145.9	230.5	276.3	290.0	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
1/2	47.0	93.0	186.0	372.0	744.0	1112.0	1488.0	1864.0	2240.0	20.5	124.4	214.4	318.5	338.0	352.5	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
3/4	93.0	186.0	372.0	744.0	1488.0	2976.0	4464.0	5952.0	7440.0	20.5	202.5	302.5	402.5	402.5	402.5	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
1	143.0	286.0	572.0	1144.0	2288.0	4576.0	7168.0	10752.0	14336.0	20.5	252.3	352.3	452.3	452.3	452.3	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
1/2	240.0	480.0	960.0	1920.0	3840.0	7680.0	15360.0	25920.0	38880.0	20.5	323.5	423.5	523.5	523.5	523.5	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
2	324.5	649.0	1298.0	2596.0	5192.0	10384.0	20768.0	41536.0	62304.0	20.5	402.5	502.5	602.5	602.5	602.5	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
2 1/2	3928.8	7857.6	15715.2	31430.4	62860.8	125721.6	251443.2	502886.4	1005772.8	20.5	497.0	497.0	497.0	497.0	497.0	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
3	—	442.5	485.0	527.5	562.5	597.5	632.5	667.5	702.5	20.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
4	466.5	485.0	499.5	502.0	504.0	506.0	508.0	510.0	512.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
7	466.5	485.0	499.5	502.0	504.0	506.0	508.0	510.0	512.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
7 1/2	466.0	483.0	497.0	500.0	503.0	506.0	509.0	512.0	515.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
8	447.2	470.0	492.0	504.0	526.0	548.0	570.0	592.0	614.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
8 1/2	373.8	392.5	411.2	430.0	448.8	467.5	486.0	504.0	522.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
9	266.2	291.0	316.2	342.4	367.6	392.0	417.2	442.4	467.6	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
9 1/2	138.6	202.8	245.2	271.0	288.0	305.5	322.8	340.5	358.2	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
9 1/2	116.0	138.2	161.8	184.0	201.8	219.8	234.8	250.0	266.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
9 1/2	95.6	60.0	75.5	92.8	101.0	113.0	125.0	137.0	149.0	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0
F. P.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20.0	—	—	—	—	—	20.0	70.0	130.0	200.0	270.0	340.0	410.0

## 2.1.2 $L/B$ , $B/d$ シリーズ

### 2.1.2.1 模型船および模型プロペラ

本シリーズに含まれる模型船の  $L/B$ ,  $B/d$ ,  $C_B$  および  $lcb$  の値は Table 2.1-1 に示すとおりで、船型は次の方法により決定した。すなわち、 $B/d$  を一定として  $L/B$  を変える場合は、原型の正面線図において水線間隔は原型のままとし、各横載面の各水線における幅を  $L/B$  すなわち  $B$  の増減に比例して修正して正面線図を作成し、 $L/B$  一定で  $B/d$  を変える場合は、原型の各横載面の各水線における幅はそのままとし、水線間隔を  $B/d$  すなわち  $d$  の増減に比例して修正して正面線図を作成した。したがって、側面図すなわち、船首、船尾の形状は、 $L/B$  を変える場合は原型のとおりで変りなく、 $B/d$  を変える場合は  $d$  の増減に比例して深さ方向に延び縮みすることになる。 $L/B$ ,  $B/d$  を同時に変える場合は、この方法を組合せて船型を決定した。

なお、プロペラについても同様で、 $L/B$  が変化する場合は船尾部形状が変わらないため、同一プロペラを使用し、 $B/d$  が变って  $d$  が変化する場合は、 $d$  の変化に比例して直径を増減し、ピッチは、(直径 + ピッチ) が一定となるようにして決め、新規に製作して使用した。

以上のようにして決定された18隻の模型船の各載貨状態ごとの要目は、対応する実船の主要寸法とともに Table 2.1-3 に、模型プロペラの要目は Table 2.1-4 に示した。

### 2.1.2.2 試験結果およびこれに対する考察

抵抗試験の結果は剩余抵抗係数  $r_R$  の値で、使用したプロペラの単独試験結果は無次元値で、自航試験の結果は自航要素の形で、それぞれ表現して、次表に番号を示す図面に示した。またそれぞれの自航要素の値を用いて、想定実船に対し算定した伝達馬力等曲線図の番号も次表に示した。

	抵抗試験 結果	推進器単独 試験結果	自航試験 結果	想定実船の伝 達馬力曲線
$C_B=0.80$ , $B/d=3.06$ , $L/B$ シリーズ	Fig. 2.1-4		Fig. 2.1-14	Fig. 2.1-20
$C_B=0.80$ $B/d=2.76$ , $L/B$ シリーズ	Fig. 2.1-5	Fig. 2.1-10	Fig. 2.1-15	Fig. 2.1-21
$C_B=0.80$ $B/d=2.46$ , $L/B$ シリーズ	Fig. 2.1-6	Fig. 2.1-11	Fig. 2.1-16	Fig. 2.1-22
$C_B=0.82$ $B/d=2.76$ , $L/B$ シリーズ	Fig. 2.1-7		Fig. 2.1-17	Fig. 2.1-23
$C_B=0.82$ $B/d=3.06$ , $L/B$ シリーズ	Fig. 2.1-8	Fig. 2.1-12	Fig. 2.1-18	Fig. 2.1-24
$C_B=0.78$ $L/B=5.5$ , $B/d=2.76$ , 3.06		Fig. 2.1-10		
$C_B=0.80$ $L/B=6.0$ , $B/d=3.36$	Fig. 2.1-9		Fig. 2.1-19	Fig. 2.1-25
		Fig. 2.1-13		

以上の各図から次のことがわかる。

#### (2) $L/B$ の影響

##### (i) $C_B=0.80$ , $B/d=2.76$ のシリーズについて

- (a) 剰余抵抗係数  $r_R$  の値は、3つの載貨状態を通じて  $L/B=6.0$  (U. M. No. 1725) が一番低く、 $L/B=5.75$  と 5.5 では、ほとんど変りがない。(Fig. 2.1-5参照)

満載状態で、 $r_R$  の値を、フルード数  $Fn=0.18$  および 0.16 で比較した Fig. 2.1-26 によっても、 $B/d=2.76$  における  $L/B$  の影響の様子を知ることができる。この図のうち左半分が本試験の結果であり、右半分が第 41 研究部会および船研における UT シリーズのうちの  $B/d=2.76$  の試験結果を示すものである。これによれば、 $L/B$  の変化のひろい範囲にわたって、剩余抵抗係数は  $L/B$  の減少とともに漸増の傾向を示している。

- (b) 自航要素についてみると、伴流係数  $w_T$  は  $L/B$  の減少と共に増加し、スラスト減少係数  $t$  も、U. M. No. 1725 を除いて、 $L/B$  の減少とともに増加している。プロペラ効率比  $\eta_R$  は  $L/B$  の減少と共に減少の傾向を示すが、 $L/B=5.5$  のものでは逆に増大している。(Fig. 2.1-15 参照) 満載状態で  $Fn=0.18$  における自航要素の値を  $L/B$  ベースに比較したもののが Fig. 2.1-27 である。 $w_T$ ,  $t$ ,  $\eta_R$  の  $L/B$  による変化の傾向には、特に著しい変化が表われていない。 $w_T$  で、図の右半分の値と左半分の値で不連続があるのは、プロペラ孔の大きさおよびプロペラ直径の相対的大きさが両シリーズに差があるためであろう。
- (c) 伝達馬力等曲線についてみると、 $L/B$  の値によって排水量が変化しているので直接の比較はできないが、推進係数  $\eta$  でみると、 $L/B$  による系統的な差はないようである。

(Fig. 2.1-21 参照)

#### (ii) $C_B=0.80$ , $B/d=3.06$ シリーズについて

剩余抵抗係数、自航要素および伝達馬力等におよぼす  $L/B$  の影響は、 $B/d=2.76$  のシリーズの場合とほぼ同様である。(Fig. 2.1-4, 2.1-14, 2.1-20 参照)

#### (iii) $C_B=0.80$ , $B/d=2.46$ のシリーズについて

- (a) 剩余抵抗数  $r_R$  の値は、3つの載貨状態を通じて、 $L/B=6.0$  が一番低く、 $L/B=5.5$  が一番高い。(Fig. 2.1-6 参照)

満載状態で、 $r_R$  の値を、フルード数  $Fn=0.18$  および 0.16 で比較した Fig. 2.1-26 によっても、 $B/d=2.46$  における  $L/B$  の影響の様子を知ることができる。これによれば、 $B/d$  の影響としては、 $B/d$  が小さくなるほど  $r_R$  が若干大きくなる傾向はあるが、その程度はあまり著しくないことが知られる。

- (b) 自航要素についてみると、伴流係数  $w_T$  は、 $L/B$  の減少とともに増加し、スラスト減少係数  $t$  も  $L/B$  の減少とともに増加の傾向を示している。プロペラ効率比  $\eta_R$  は、 $L/B$  の大きい方が、大きい値を示す傾向があるが、実験結果のバラツキが大きく、あまりはっきりしたこととはいえない。(Fig. 2.1-16 参照)

満載状態で、 $Fn=0.18$  における自航要素の値を  $L/B$  ベースに比較して Fig. 2.1-27 に示してあるが、これにより  $B/d$  が自航要素におよぼす影響も知ることができる。

- (c) 伝達馬力等曲線についてみると、 $L/B$  の値によって排水量が変化しているので、直接の比較はできないが、推進係数  $\eta$  でみると、 $L/B$  が小さいほどその値が小さくなっている。

(Fig. 2.1-22 参照)

また、Fig. 2.1-28 に満載状態の  $C_{adm}$  を示したが、 $L/B$  が小さくなるほど、 $C_{adm}$  が

小となっている。しかし、これらの結果には、模型試験に使用した模型プロペラが、原型（U.P. No. 1562）から幾何学的に導かれたもので、かならずしも最適プロペラになっていないことが含まれていることに注意を要する。

(iv)  $C_B=0.82$ ,  $B/d=2.76$  のシリーズについて

- (a) 剰余抵抗係数  $r_R$  は、満載状態においては全速度範囲を通じて、 $L/B=6.0$  が最小で、 $L/B$  が小さくなるほど高くなり、かつ  $L/B$  の減少に伴なって、直線的に増加している。また  $r_R$  カーブの立ち上がりの位置は  $L/B$  にかかわらずほぼ一定である。
- 他の 2 状態では 3 船型の優劣は低速および高速でやや乱れているが、満載状態と大差ない関係にある。（Fig. 2. 1-7 参照）
- (b) 自航要素については、満載状態では  $t$ ,  $w_r$  は  $L/B$  が小さくなるほど大きく、その差は顕著である。半載状態では、 $w_r$  については満載状態同様  $L/B$  の影響が明らかであるが、 $t$  では低速をのぞいて  $L/B$  の相違による影響が明確でない。またバラスト状態では  $w_r$  はその全速度範囲を通じて  $L/B=5.5$  と  $L/B=5.75$  との差はほとんどなく、 $L/B=6.0$  のみが小さい。

$t$  は  $L/B$  の減少により増加する傾向が明らかに見られるが、その差は少ない。

$\eta_R$  の値は  $L/B=6.0$  のみが幾分低い傾向にあるが、その差は小さい。（Fig. 2. 1-17 参照）

- (c) 伝達馬力曲線については、 $L/B$  によって排水量が変化しているので直接の比較はできないが、 $\eta$  でみると一定の傾向が認められない。（Fig. 2. 1-23）

(v)  $C_B=0.82$ ,  $B/d=3.06$  のシリーズについて

- (a)  $r_R$  は満載状態においては、 $B/d=2.76$  の場合と全く同様に全速度範囲を通じて  $L/B$  の減少とともに直線的に増加している。半載状態では満載状態と同じ傾向を示しているが、バラスト状態では  $L/B=6.0$  と 5.75 が全速度範囲でほぼ等しい  $r_R$  を示している。

（Fig. 2. 1-8 参照）

- (b) 自航要素については満載状態およびバラスト状態では、 $L/B$  の減少とともに  $w_r$ ,  $t$  が全般的に増加する傾向がみられるが、半載状態では  $w_r$ ,  $t$  とともに逆に  $L/B$  の減少とともに減少する傾向があらわれる。特に  $w_r$  においてその傾向が顕著である。これは自航試験において  $T$ ,  $Q$ ,  $N$  の計測値に船尾の流れの不安定に基づくと思われる大幅なバラツキがあるためで、模型船により計測点の片よりも異なるため、特に  $w_r$  においては、Fig. 2. 1-18 半載状態に見られるように大幅な船型による相違がでているが、これは  $L/B$  の相違による本質的な相違であるとは考えられない。

$\eta_R$  は満載状態およびバラスト状態では  $L/B=5.75$  のみがやや低く、半載状態では  $L/B=6.0$  が低く、一般的な  $L/B$  の影響はみられない。（Fig. 2. 1-18 参照）

- (c) 伝達馬力の比較を  $\eta$  の値でみると、特に一定の傾向が認められない。（Fig. 2. 1-24 参照）

(2)  $B/d$  の影響

#### (i) $C_B=0.80$ の場合

$C_B=0.80$  の船型における  $B/d$  の影響を求める1例として、 $L/B=6.0$  の場合につき U.M. No. 1937 による試験の結果をも追加して Fig. 2.1-29, 2.1-30 を作成した。Fig. 2.1-29 は  $r_R$  に及ぼす影響を、Fig. 2.1-30 は自航要素に及ぼす影響を示したものであるが、これらの図によると、 $r_R$ ,  $\eta_R$  および  $1-t$  の  $B/d$  による変化は、わずかであるが、 $1-w_T$  は満載状態では  $B/d$  の増加とともに減少し、バラスト状態では  $B/d$  の増加とともに増大の傾向を示している。

#### (ii) $C_B=0.82$ の場合

$r_R$  については、 $B/d$  の影響は比較的小さく、各載貨状態を通じて  $B/d$  の相違により特に顕著な相違は見られない。

自航要素については満載状態では  $L/B=5.75$  において  $B/d$  の影響はほとんどないが、 $L/B$  の相違の影響は、 $B/d=2.76$  シリーズの方が非常に大きい。

半載状態では  $B/d=2.76$  シリーズでは  $L/B$  の減少とともに  $w_T$ ,  $t$  は増加する傾向を示しているが、 $B/d=3.06$  では  $L/B=5.5$  および 5.75 とも前述のとおり計測点のバラツキが大きく、 $B/d=2.76$  に比べ船尾の流れの状態がきわめて不安定であると考えられる。バラスト状態においては  $w_T$ ,  $t$  ともに  $B/d=2.76$  の方がやや大きい。

### (3) $C_B$ の影響

以上のシリーズ試験の中では、 $L/B=5.5$  で  $B/d=2.76$ , 3.06 の場合に  $C_B$  が 0.78, 0.80, 0.82 に変化したときの影響についても比較が行なわれている。 $C_B$  の影響を求める試験は別に  $C_B$  シリーズとして行なわれているが、参考のためにこの比較結果を示すと次のとおりである。

$F_n=0.18$  において、満載状態およびバラスト状態の  $r_R$ ,  $\eta_R$ ,  $1-t$  および  $1-w_T$  を  $C_B$  ベースで比較したものが Fig. 2.1-31 である。

これによると両載貨状態とも、 $C_B$  の増加に伴なって、 $r_R$  は著しく増加し、 $1-w_T$  は漸減し、 $1-t$  はわずかではあるが増加し、 $\eta_R$  はほとんど変化がない。これらの傾向は、 $B/d=2.76$  および 3.06 においてもほぼ同様である。

### (4) プロペラ直径の影響

本シリーズにおいて使用した模型プロペラは、前に述べたとおり、直径の変化に応じて  
直径 + ピッチ = 一定

としてピッチを決めたので、直径の変化が自航要素に及ぼす影響を求めるために、U.M. No. 1938 に U.P. No. 1566 および U.P. No. 1567 を装備して満載状態において比較試験を行なった。その結果求められた自航要素等を Fig. 2.1-32 に示した。U.P. No. 1566 の方が直径が約 11 % 大きく、自航要素等は直径の相異によって変化しているが、之でみると、この範囲におけるプロペラ直径の差による変化は小さく、U.P. No. 1566 の方がわずか良好である。なお、本船の満載状態における最適プロペラの直径は、U.P. No. 1566 よりごくわずか小さいところにあるようである。

Table 2.1-3 (1)

$C_B$		0.80			0.80		
$B/d$		2.46			2.76		
$L/B$		5.5			6.0		
U.M.N.	1753	1754	1755	1756	1725	1727	1729
LOAD CONDITION	FULL	H.A.L.F	BALLAST	FULL	H.A.L.F	BALLAST	FULL
LENGTH(P.P.), m	6.000		6.000		6.000		6.000
# (L.W.L.), m	6.150		6.150		6.150		6.150
BREADTH, m	1.0909		1.0435		1.0000		1.0000
DRAFT	A.P. M.S. F.P.	0.3278 0.2978 0.2678	0.2677 0.2077 0.1477	0.3149 0.2849 0.2549	0.2585 0.1985 0.1385	0.3028 0.2065 0.2428	0.2501 0.1901 0.1501
TRIM, m	0	0.060	0.120	0	0.060	0.120	0.120
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	2.3287	15.137	10.246	2.1500	1.3845	0.9372	1.9550
WETTED SURFACE, m <sup>2</sup>	10.118	8.256	7.153	9.662	7.893	6.835	9.296
LENGTH(P.P.), m	24.00		24.00		24.00		24.00
BREADTH, m	4.00		4.175		4.364		4.175
DRAFT	A.P. M.S. F.P.	1.1112 1.1112 1.1112	1.0708 1.0708 1.0708	1.2576 1.2576 1.2576	1.0340 1.0340 1.0340	1.2112 1.2112 1.2112	1.0004 1.0004 1.0004
TRIM, m	0	2.400	4.800	0	2.400	4.800	0
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	149037	96874	65576	136320	88608	59981	125120

Table 2.1-3 (2)

C <sub>B</sub>		0 . 8 0				0 . 8 0			
B/d		3 . 0 6				3 . 3 6			
L/B		6 . 0				5 . 5			
U . M . M		1 7 2 6				5 . 5			
LOAD CONDITION	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	BALLAST
LENGTH(P.P.), m.	6.000			6.000			6.000		
" (L.W.L.) , m.	6.150			6.150			6.150		
BREADTH, m	1.000			1.0435			1.0909		
DRAFT	A.P.	0.2493	0.2128	0.2588	0.2196	0.2694	0.2271	0.2300	0.1997
m	M.S.	0.3268	0.2193	0.3410	0.2288	0.3565	0.2394	0.1671	0.2976
DISPLACEMENT	F.P.	0.1893	0.0928	0.1988	0.0996	0.2044	0.1071	0.1700	0.0797
TRIM , m	0	0.060	0.120	0	0.060	0.120	0	0.060	0.060
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	1.5705	1.0208	0.6910	1.7100	1.1115	0.7524	1.8686	1.2146	0.8222.
WETTED SURFACE, m <sup>2</sup>	8.414	7.000	6.185	8.707	7.245	6.403	9.163	7.652	6.736
LENGTH(P.P.), m		24.00			24.00			24.00	
BREADTH , m		4.00			4.175			4.364	
DRAFT	A.P.	2.972	8.512	10.352	8.784	10.776	9.084	9.200	7.988
m	M.S.	13.072	8.772	6.122	13.640	9.152	6.384	14.260	9.576
DISPLACEMENT	F.P.	7.572	3.712		7.952	3.984		8.376	4.284
TRIM , m	0	2.400	4.800	0	2.400	4.800	0	4.800	0
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	100.512	65.333	44.225	109.440	71.136	48.154	119.590	77.734	52.620

Table 2.1-3 (3)

0 <sub>B</sub>		0 <sub>B</sub> 2				0 <sub>B</sub> 2			
B/d		2 7 6				3 0 6			
L/B		5 5				6 0			
N . M . m	1 6 5 8	1 6 6 0	1 5 9 3	1 6 5 7	1 6 5 9	1 6 5 7	1 6 5 9	1 6 6 1	1 6 6 1
LOAD CONDITION	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	FULL	HALF	FULL	HALF
LENGTH (P.E.), m	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
* (L.W.L.) m	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0	6 15 0
BREATH, m	10 9090	10 435	10 000	10 000	10 000	10 909	10 435	10 000	10 000
DRAFT	A . P .	0 2 7 5 9	0 2 4 2 0	0 2 8 2 4	0 2 5 4 1	0 2 7 1 9	0 2 2 6 8	0 2 6 8 0	0 2 2 4 2
M . S .	0 3 9 5 5	0 2 2 3 9	0 1 8 2 0	0 5 7 8 1	0 2 5 2 4	0 1 7 4 1	0 3 6 2 3	0 2 4 1 9	0 1 6 6 8
m	P . P .	0 2 3 5 9	0 1 2 2 0	0 2 2 2 4	0 1 1 4 1	0 2 1 1 9	0 1 0 6 8	0 2 0 8 0	0 1 0 4 2
TRIM,	m	0	0 0 6 0	0 1 2 0	0	0 0 6 0	0 1 2 0	0	0 0 6 0
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	2 12 59 8	1 5 8 2 0 6	0 9 3 5 7	1 9 4 5 1	1 2 6 4 5	0 8 5 6 1	1 7 8 6 6	1 1 6 1 4	0 7 8 6 5
WETTED SURFACE, m <sup>2</sup>	9 6 4 5	7 9 4 5	6 9 5 7	9 2 2 7	7 6 0 4	6 6 5 2	6 8 4 3	7 2 8 7	6 3 8 4
LENGTH (P.E.), m	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000
BREATH,	m	4 3 6 2 6	4 1 7 3 9	4 0 0 0 0	4 0 0 0 0	4 3 6 3 6	4 1 7 5 9	4 0 0 0 0	4 0 0 0 0
DRAFT	A . P .	1 1 7 5 5	9 6 8 0	1 1 2 9 6	9 3 6 5	1 0 8 7 6	9 0 7 2	1 0 7 2 0	8 9 6 6
M . S .	1 5 8 1 0	1 0 5 5 5	7 2 8 0	1 5 1 2 3	1 0 0 9 6	6 9 6 5	1 4 4 9 5	9 6 7 6	9 6 7 2
m	P . P .	9 2 5 5	4 8 8 0	8 8 9 6	4 5 6 3	8 4 7 6	4 2 7 2	8 3 2 0	4 1 6 6
TRIM,	m	0	2 4 0 0	4 8 8 0	0	2 4 0 0	4 8 0 0	0	2 4 0 0
DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	1 3 4 0 6 5	8 8 4 5 2	5 9 8 6 5	1 2 4 4 8 9	8 0 9 2 8	5 4 7 9 1	1 1 4 3 4 0	7 4 3 3 1	5 0 3 2 6
d I H S		1 2 2 7 2 3	7 9 7 8 0	5 4 0 1 3	1 2 2 7 2 3	7 9 7 8 0	5 4 0 1 3	1 1 2 2 8 5	7 2 9 9 5
d I H S		1 0 5 1 2 3	6 7 0 3 9	4 9 4 2 0	1 0 5 1 2 3	6 7 0 3 9	4 9 4 2 0	1 0 5 1 2 3	6 7 0 3 9

Table 2.1-3 (4)

C <sub>B</sub>		0 7 8		
B/d		2. 7 6		
L/B		5. 5		
U . M . N <sub>0</sub>		1 9 3 8		
LOAD CONDITION		FULL	HALF	BALLAST
LENGTH( P.P.), m		6.0 0 0	6.0 0 0	6.0 0 0
" (L.W.L.) m		6.1 5 0	6.1 5 0	6.1 5 0
BREADTH m	1.0 9 0 9	1.0 9 0 9	1.0 9 0 9	1.0 9 0 9
DRAFT m	A . P . M . S . F . P .	0.2 9 5 9 0.2 6 5 9 0.2 3 5 9	0.2 4 5 9 0.1 8 5 9 0.1 2 5 9	0.2 7 0 3 0.2 4 0 3 0.2 1 0 3
TRIM , DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>	m	0	0.0 6 0	0
WETTED SURFACE, m <sup>2</sup>		2.0 1 8 2	1.3 1 1 8	0.8 8 8 0
LENGTH(P.P.), BREADTH, m		9.4 2 5	7.7 6 8	6.7 7 3
DRAFT m	A . P . M . S . F . P .	1 1.8 3 6 1 0.6 3 6 0.4 3 6	9.8 3 6 7.4 3 6 5.0 3 6	1 0.8 1 2 1 4.2 6 0 0
TRIM , DISPLACEMENT, m <sup>3</sup>		1 2.9 1 6 3	8.3 9 5 6	5.6 8 3 1
			1 1.6 7 3 6	7.5 8 7 8
				5 1, 3 6 4

Table 2.1-4 (1)

U.P. No	1723	1563	1565	1567	1562	1564	1566	1703	1702	1701
N.P. No					1352					
D (mm)	144	158	165	172	175	183	191	214	205	196
H/D (CONST.)	1.083	0.899	0.818	0.744	0.714	0.639	0.571	0.402	0.463	0.531
$x_1$	0.180	"	"	"	"	"	"	"	"	"
$a_s$	0.670	"	"	"	"	"	"	"	"	"
$b_{Max}/D$	0.303	"	"	"	"	"	"	"	"	"
$t_o/D$	0.050	"	"	"	"	"	"	"	"	"
RAKE ANGLE	10°-0'	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Z	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"
BLADE SECTION	MAU	"	"	"	"	"	"	"	"	"
M.S. No	U.1937	U.1726	U.1728	U.1730 U.1938 U.1939	U.1725	U.1727	U.1729 U.1938	U.1753	U.1754	U.1755

Table 2.1-4 (2)

U.P. No						
N.P. No	1374	1376	1352	1373	1375	1377
D (mm)	191	183	175	172	165	158
H/D (CONST.)	0.571	0.639	0.714	0.744	0.818	0.899
$x_1$	0.180	"	"	"	"	"
$a_s$	0.670	"	"	"	"	"
$b_{Max}/D$	0.303	"	"	"	"	"
$t_o/D$	0.050	"	"	"	"	"
RAKE ANGLE	10°-0'	"	"	"	"	"
Z	5	"	"	"	"	"
BLADE SECTION	MAU	"	"	"	"	"
M.S. No	N.1658	N.1660	N.1593	N.1657	N.1659	N.1661

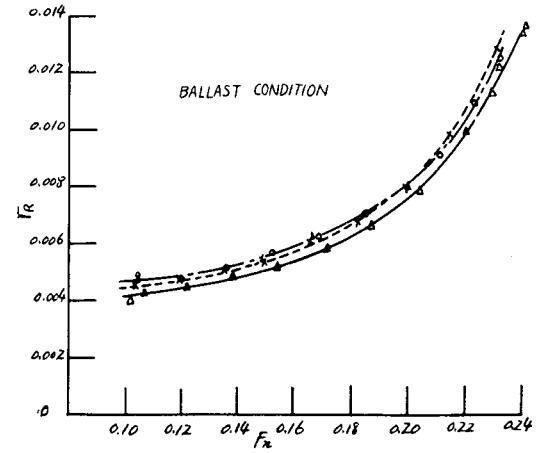
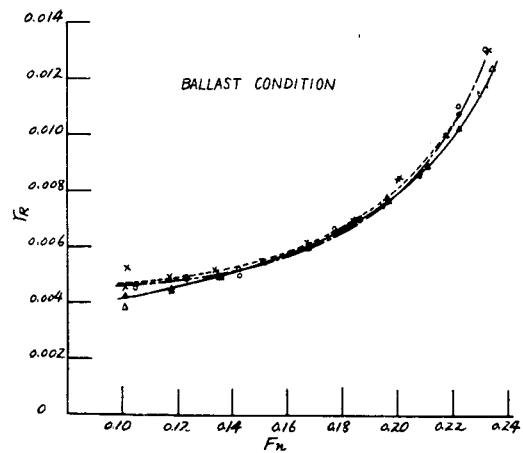
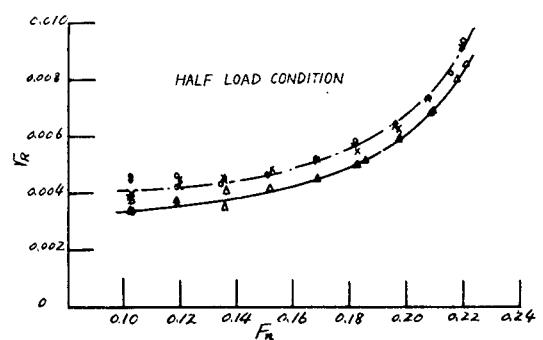
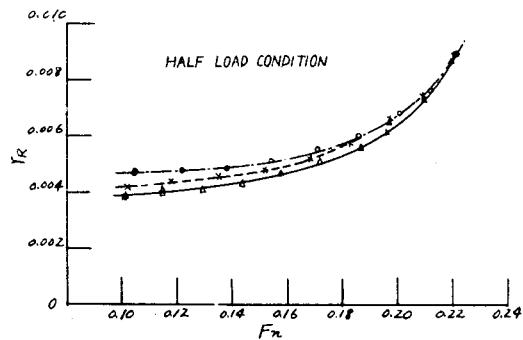
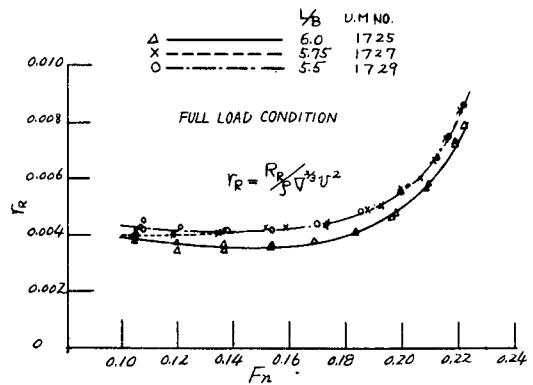
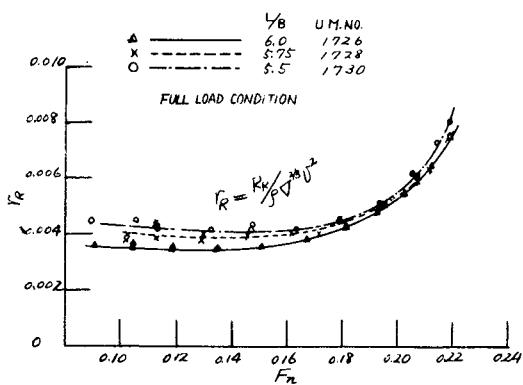


Fig. 2.1-4  $r_R$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=3.06$ )

Fig. 2.1-5  $r_R$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.76$ )

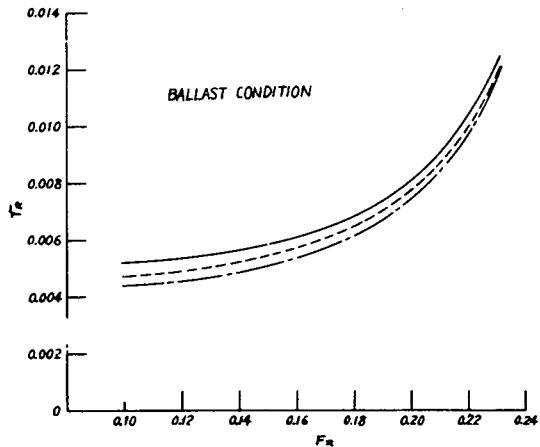
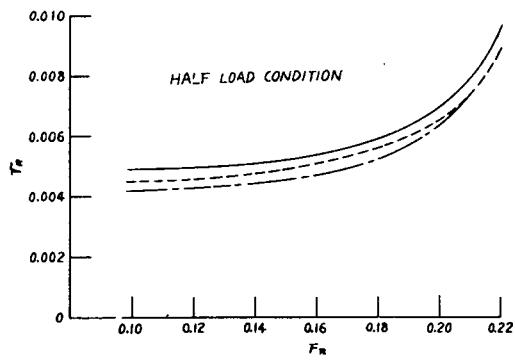
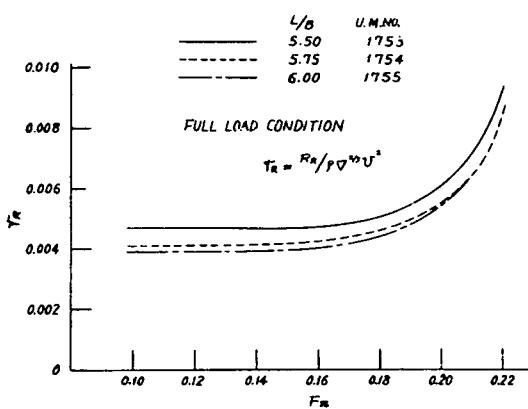


Fig. 2.1-6  $r_R$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.46$ )

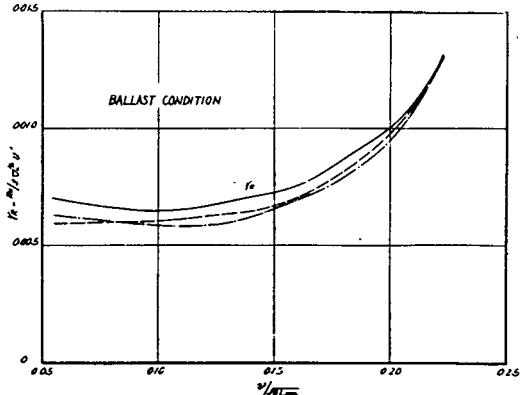
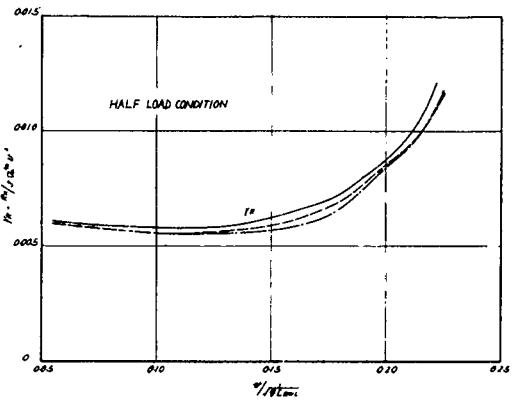
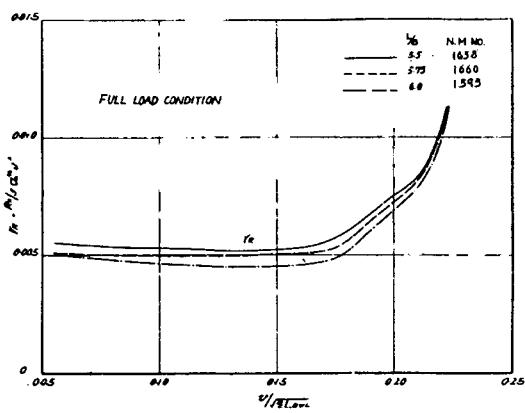


Fig. 2.1-7  $r_R$  CURVES  
( $C_B=0.82$ ,  $B/d=2.76$ )

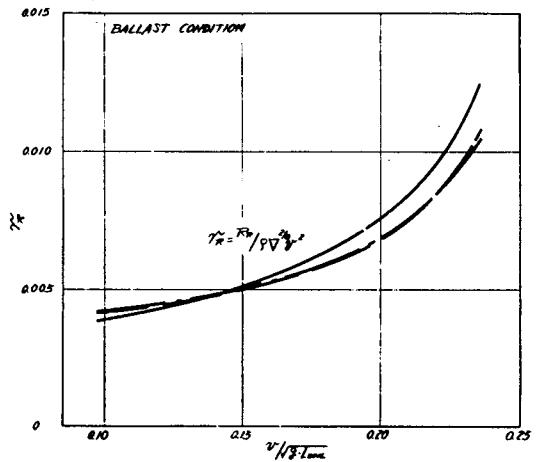
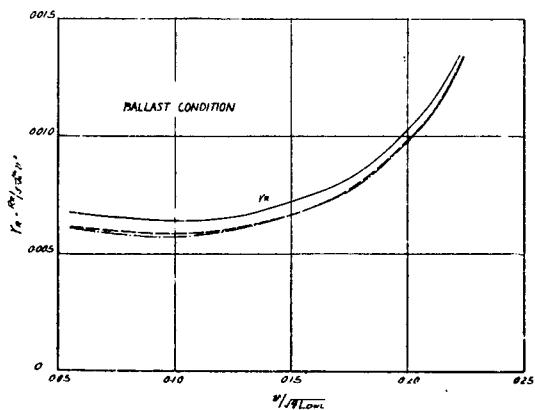
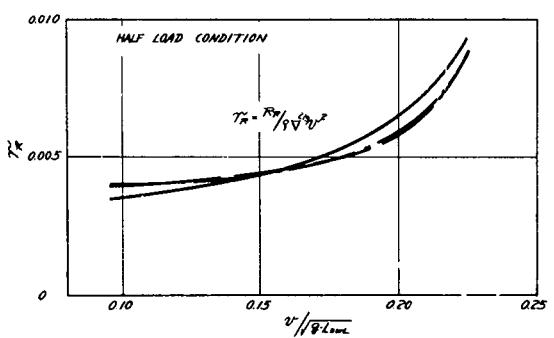
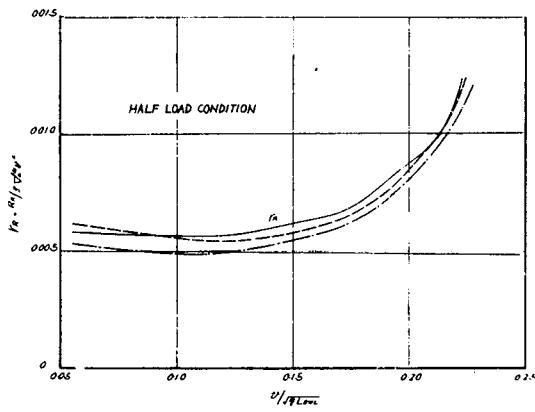
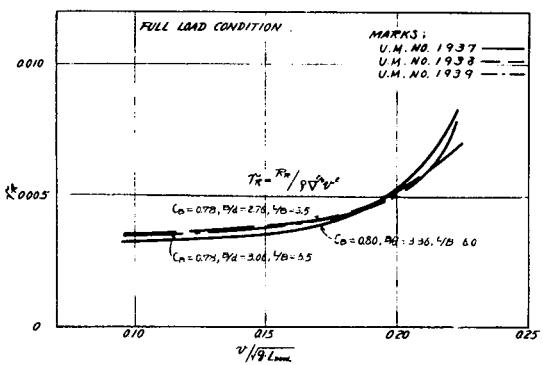
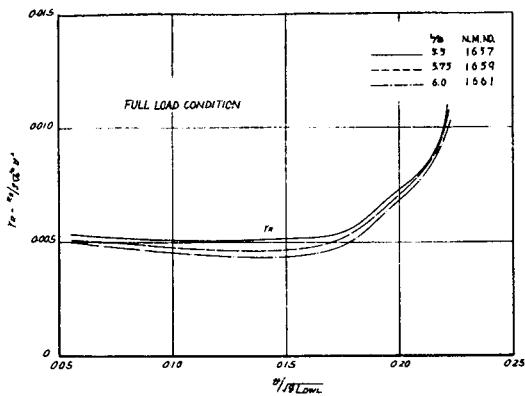


Fig. 2.1-8  $r_R$  CURVES  
( $C_B = 0.82, B/d = 3.06$ )

Fig. 2.1-9  $r_R$  CURVES  
( $C_B = 0.78, L/B = 5.5, B/d = 2.76, 3.06$   
 $C_B = 0.80, L/B = 6.0, B/d = 3.36$ )

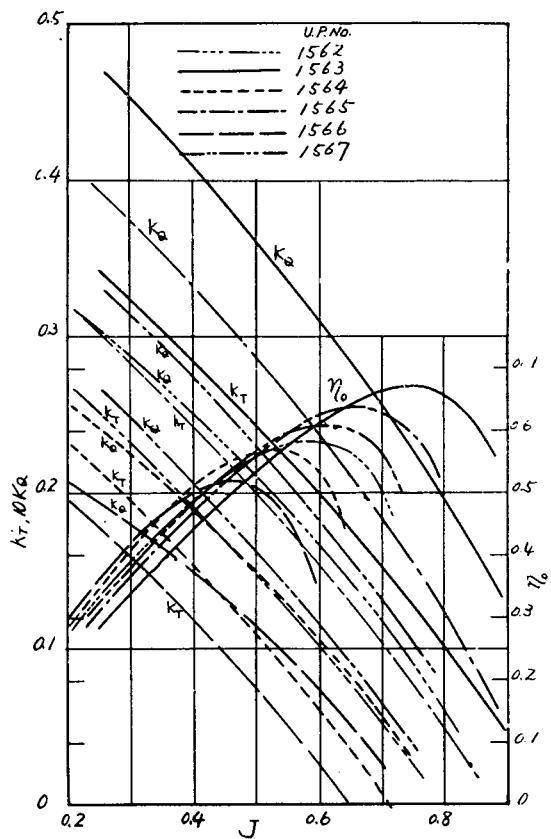


Fig. 2.1-10 PROPELLER OPEN  
CHARACTERISTIC CURVES  
(U.P. No. 1562~1567)

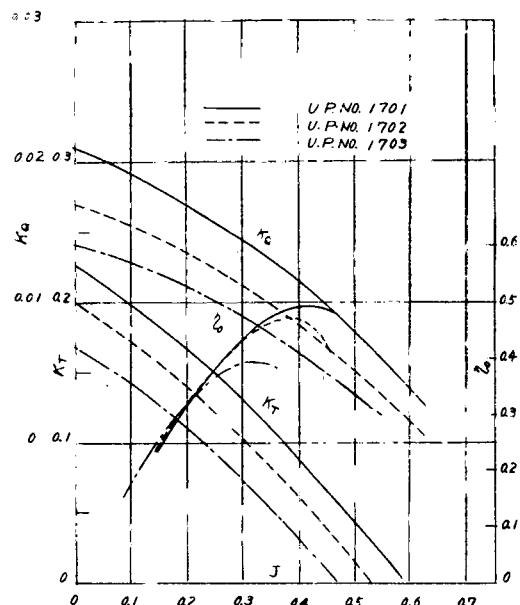


Fig. 2.1-11 PROPELLER OPEN  
CHARACTERISTIC CURVES  
(U.P. No. 1701~1703)

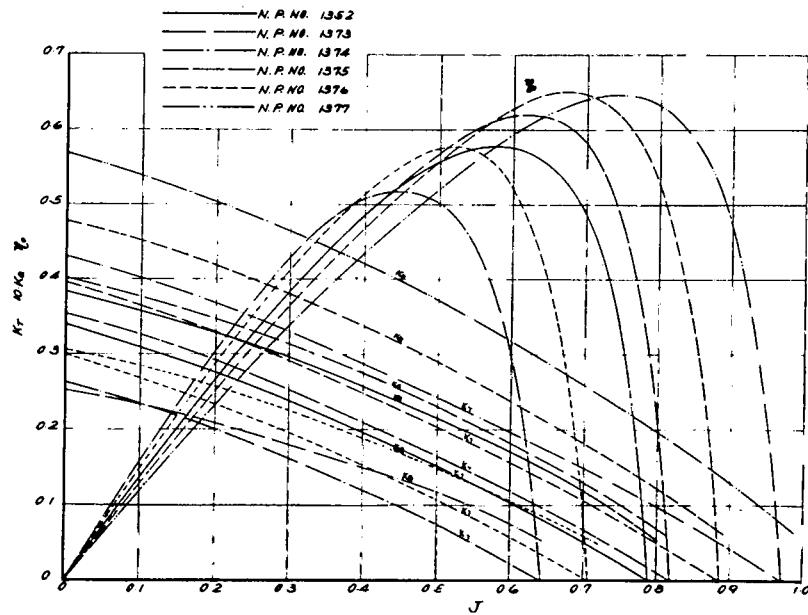


Fig. 2.1-12 PROPELLER OPEN CHARACTERISTIC  
CURVES (N.P. No. 1352, 1373~1377)

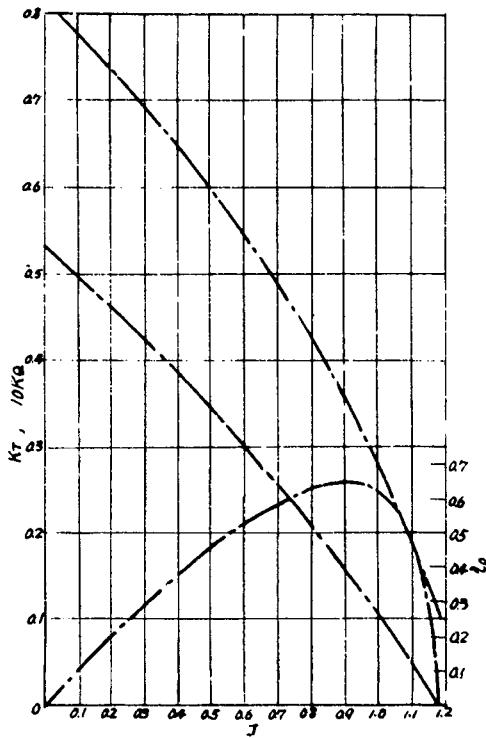


Fig. 2.1-13 PROPELLER OPEN  
CHARACTERISTIC CURVES  
(U.P. No. 1723)

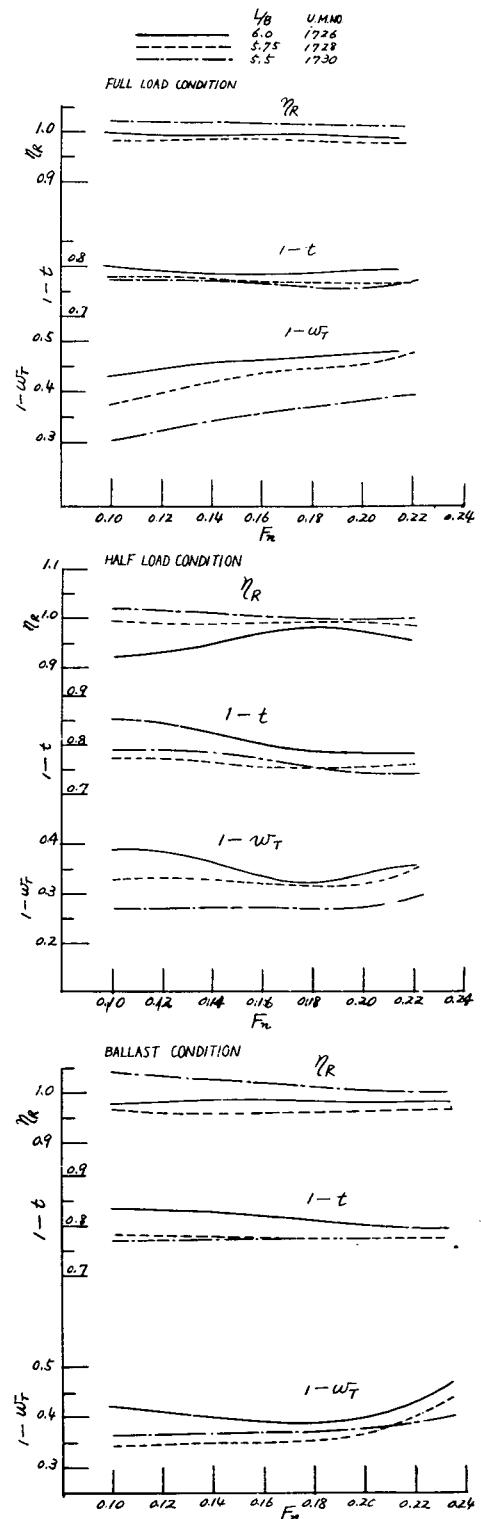


Fig. 2.1-14  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=3.06$ )

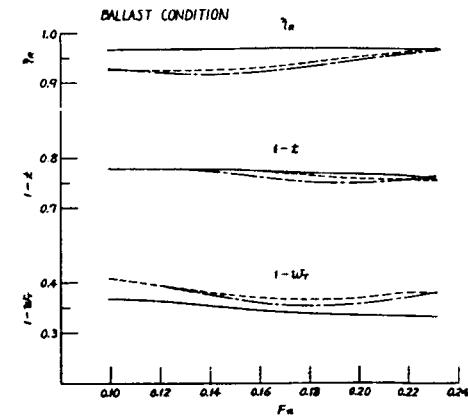
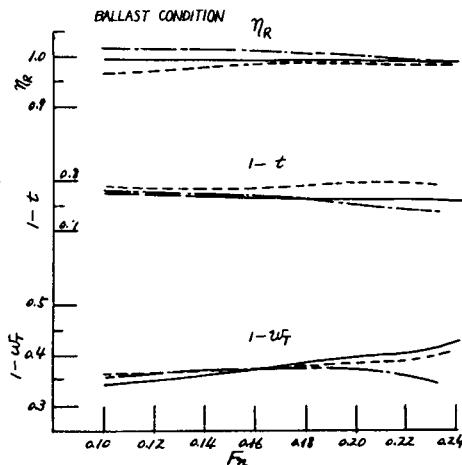
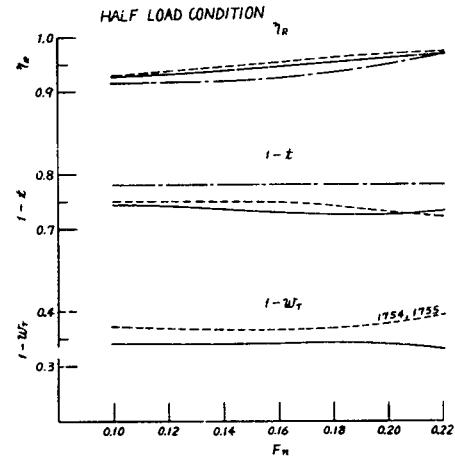
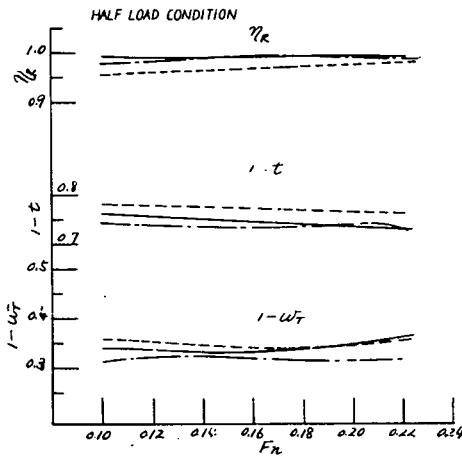
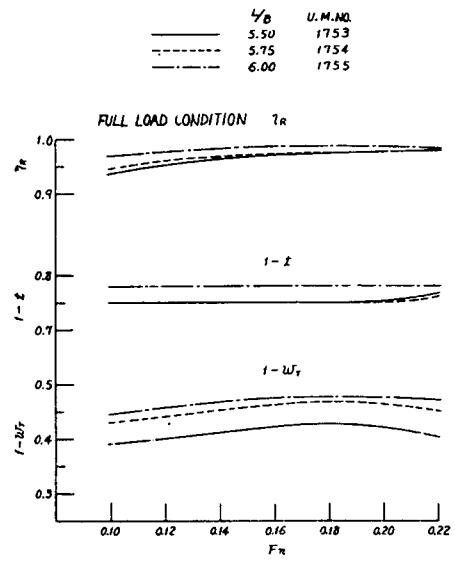
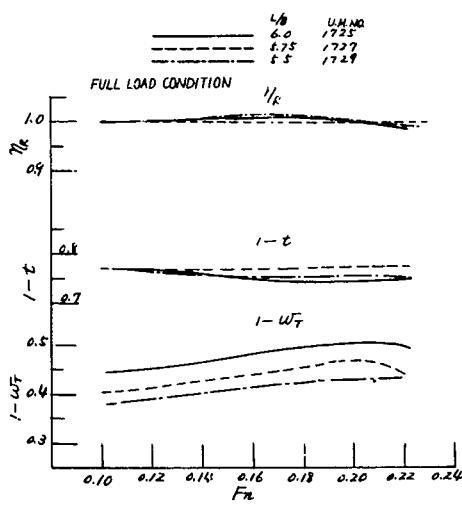


Fig. 2.1-15  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.76$ )

Fig. 2.1-16  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.46$ )

L/D N.M.NO.  
 ——— 5.5 1658  
 - - - 5.75 1660  
 - - - 6.0 1593

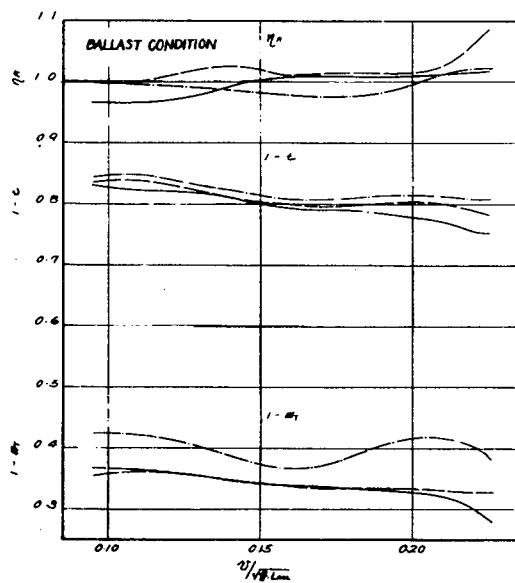
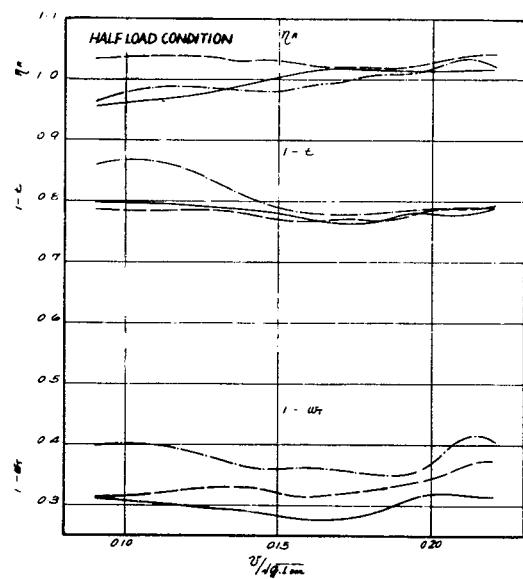
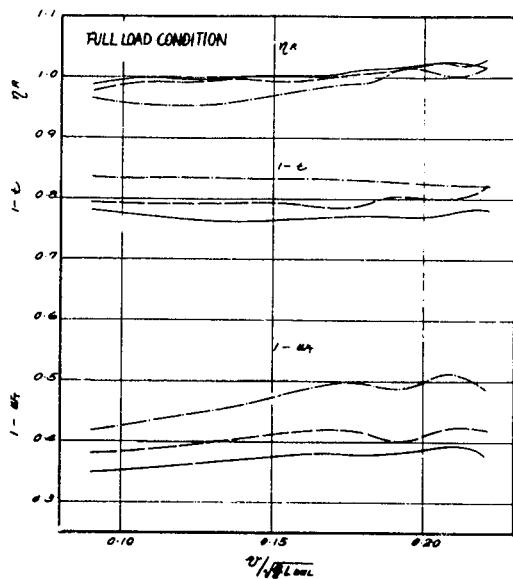


Fig. 2.1-17  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
 $(C_B=0.82, B/d=2.76)$

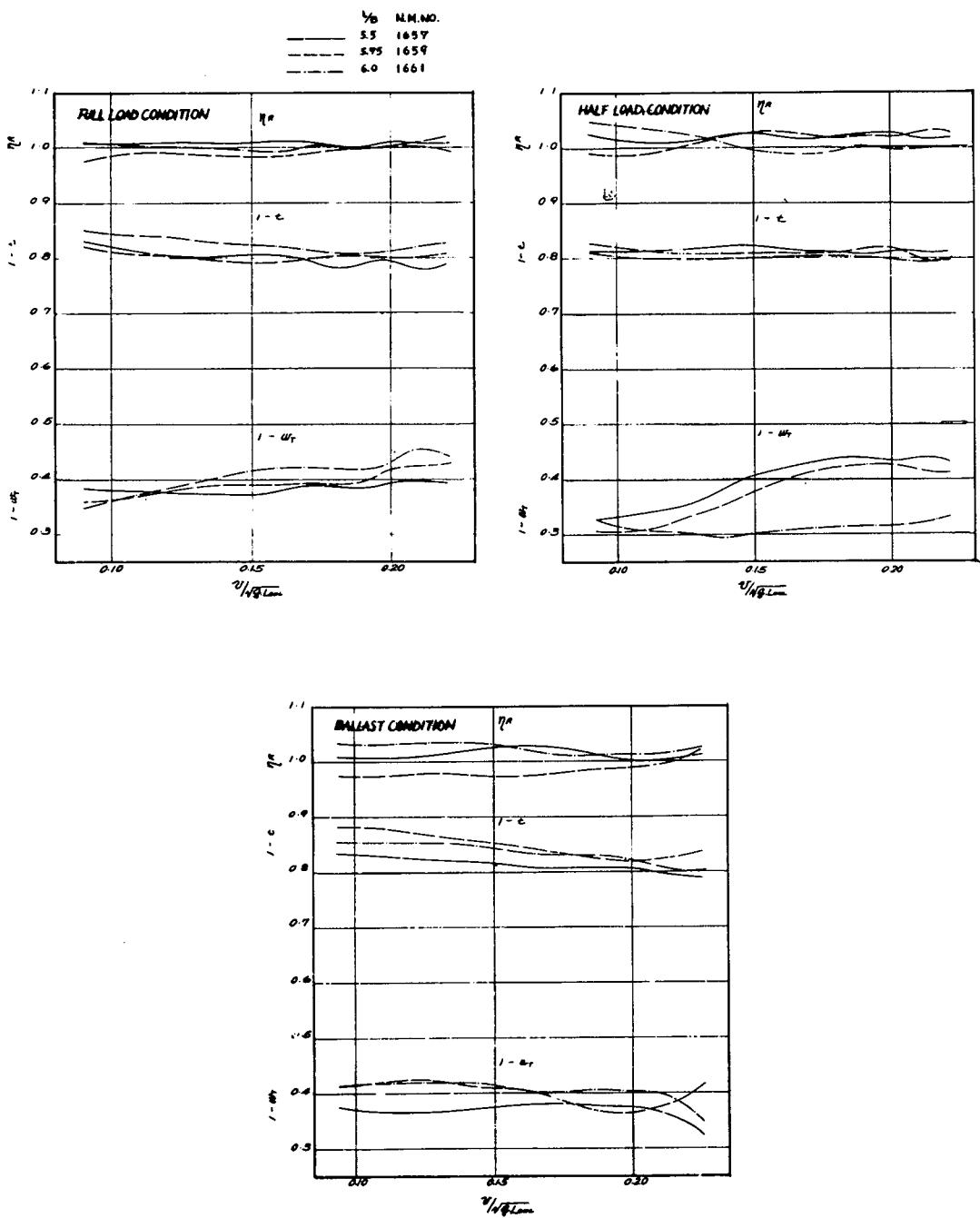


Fig. 2.1-18  $\eta_B$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
 $(C_B=0.82, B/d=3.06)$

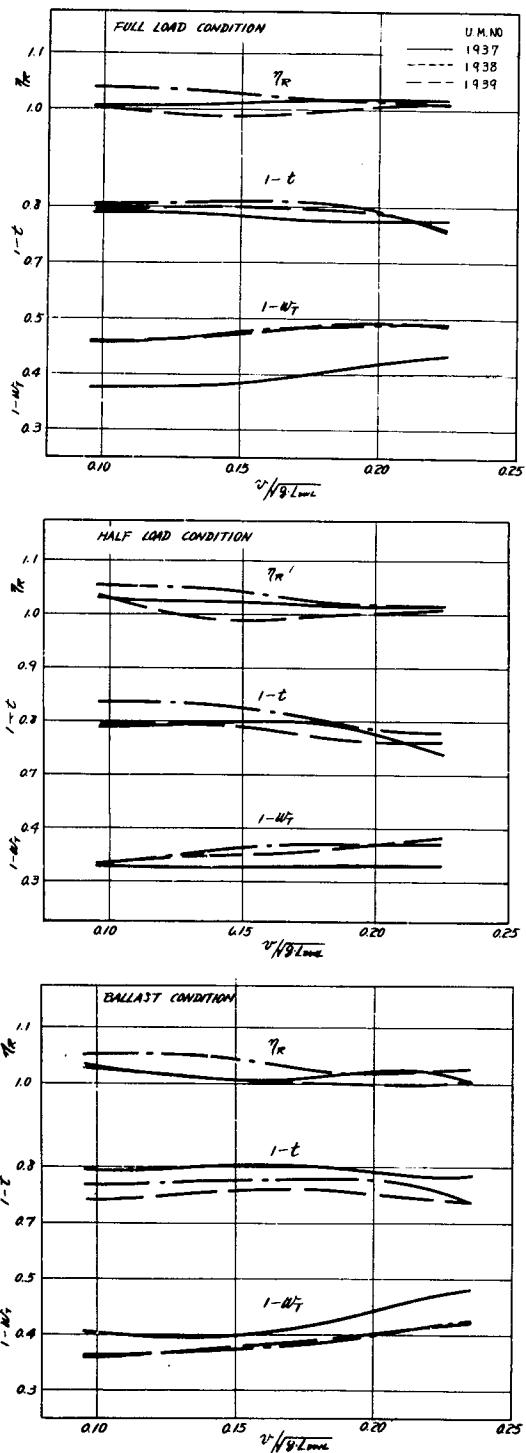


Fig. 2.1-19  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
 $(C_B=0.78, L/B=5.5, B/d=2.76, 3.06)$   
 $(C_B=0.80, L/B=6.0, B/d=3.36)$

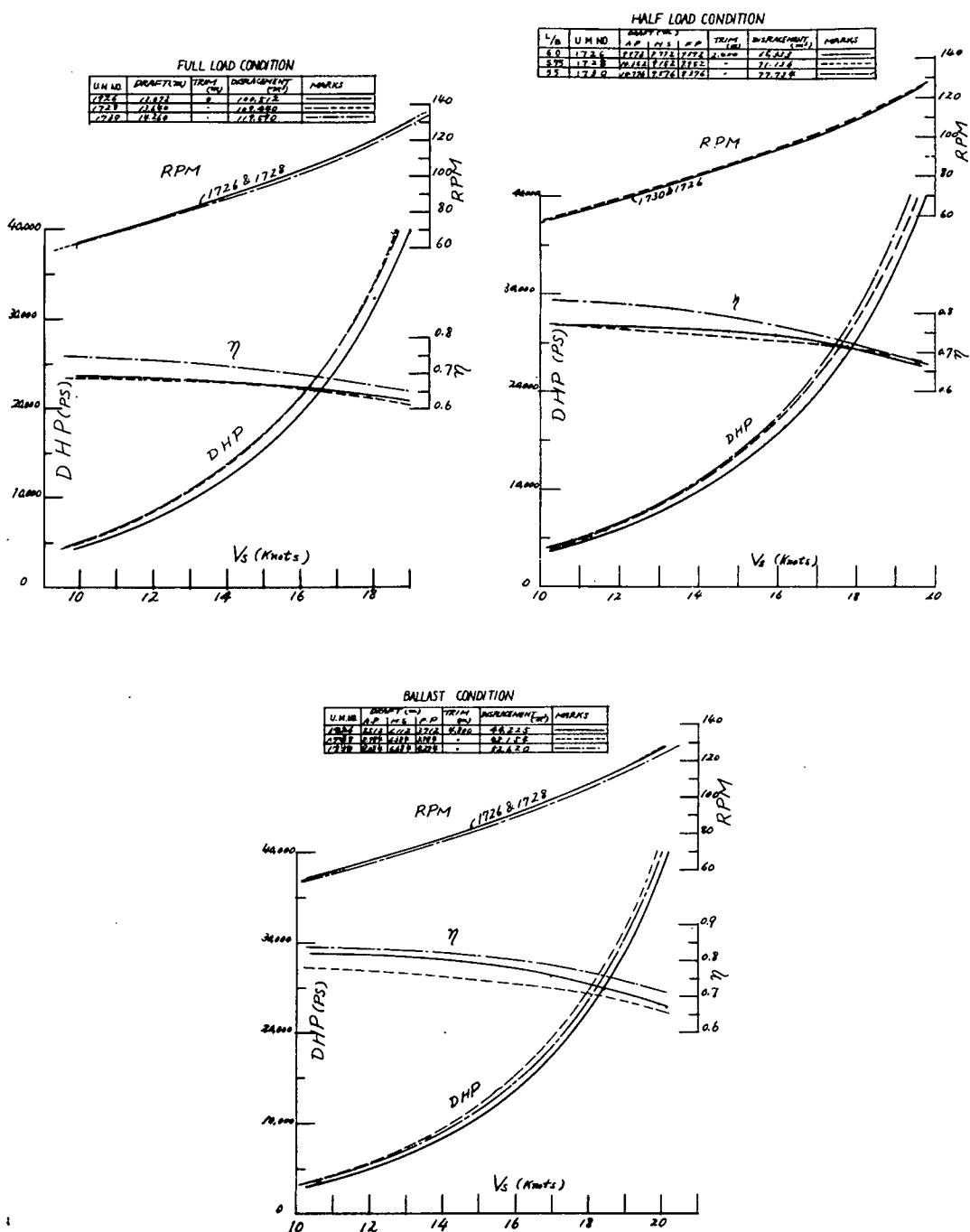


Fig. 2. 1-20 DHP ETC. CURVES ( $C_B=0.80$ ,  $B/d=3.06$ )

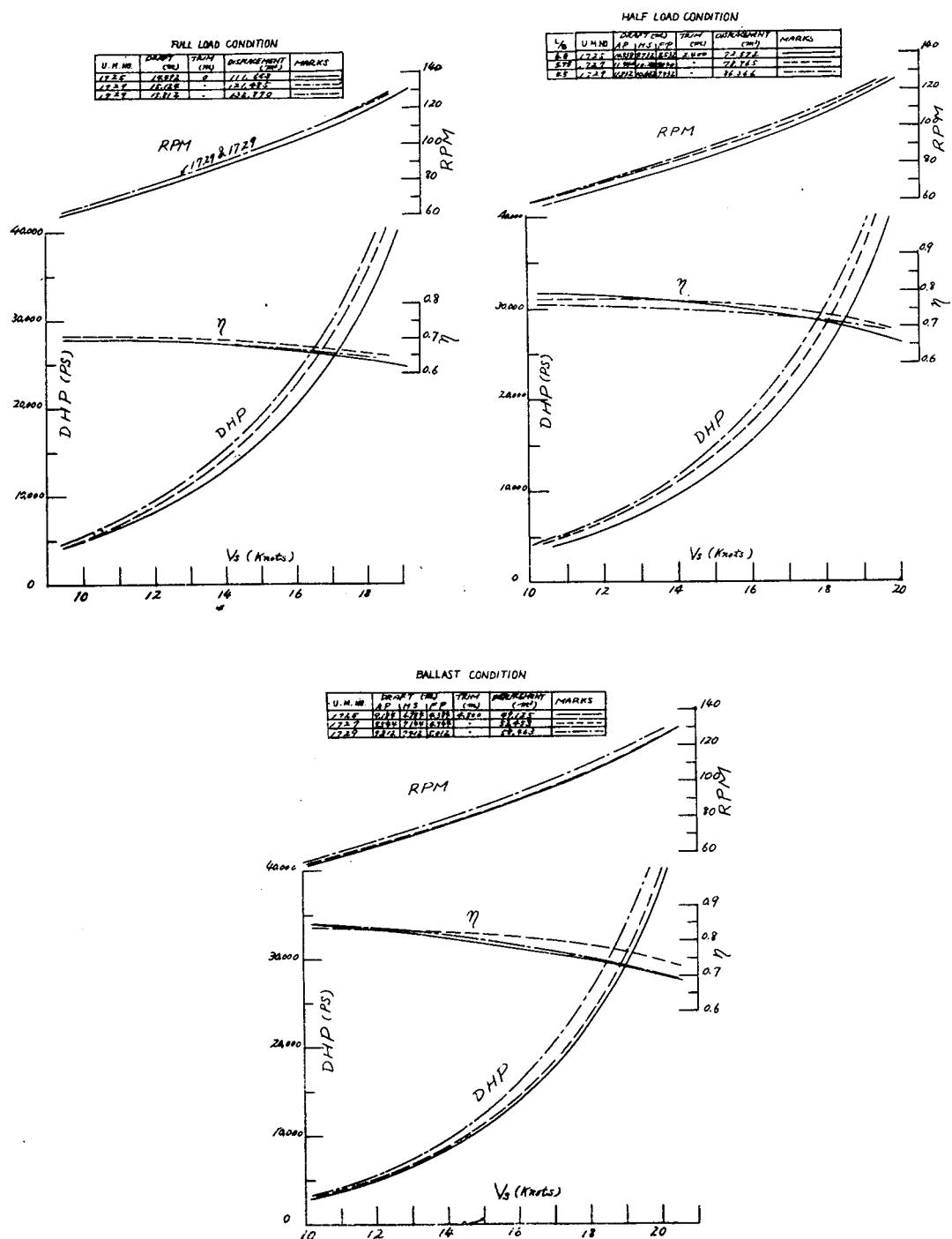


Fig. 2.1-21 DHP ETC. CURVES ( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.76$ )

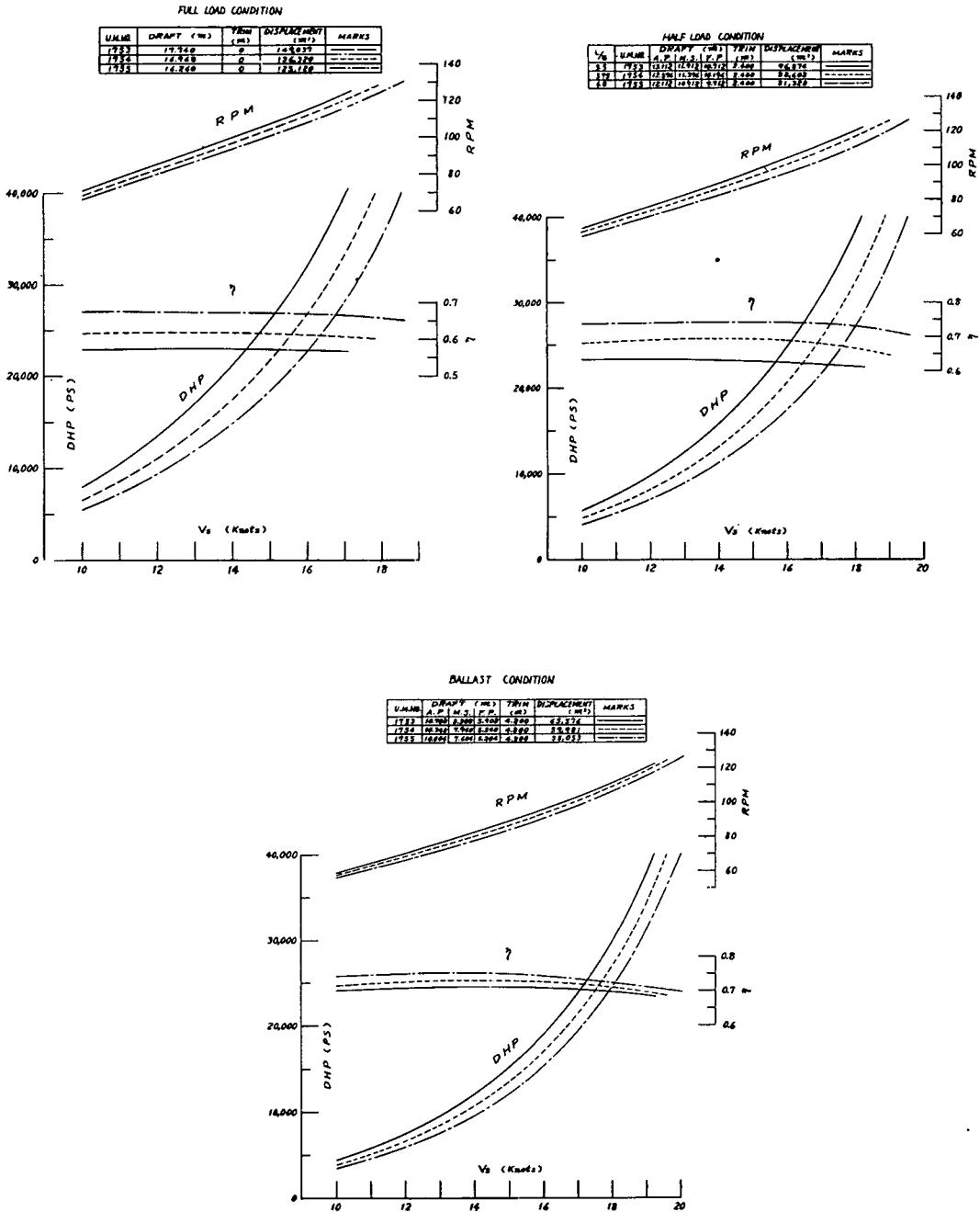


Fig. 2.1-22 DHP ETC. CURVES ( $C_B=0.80$ ,  $B/d=2.46$ )

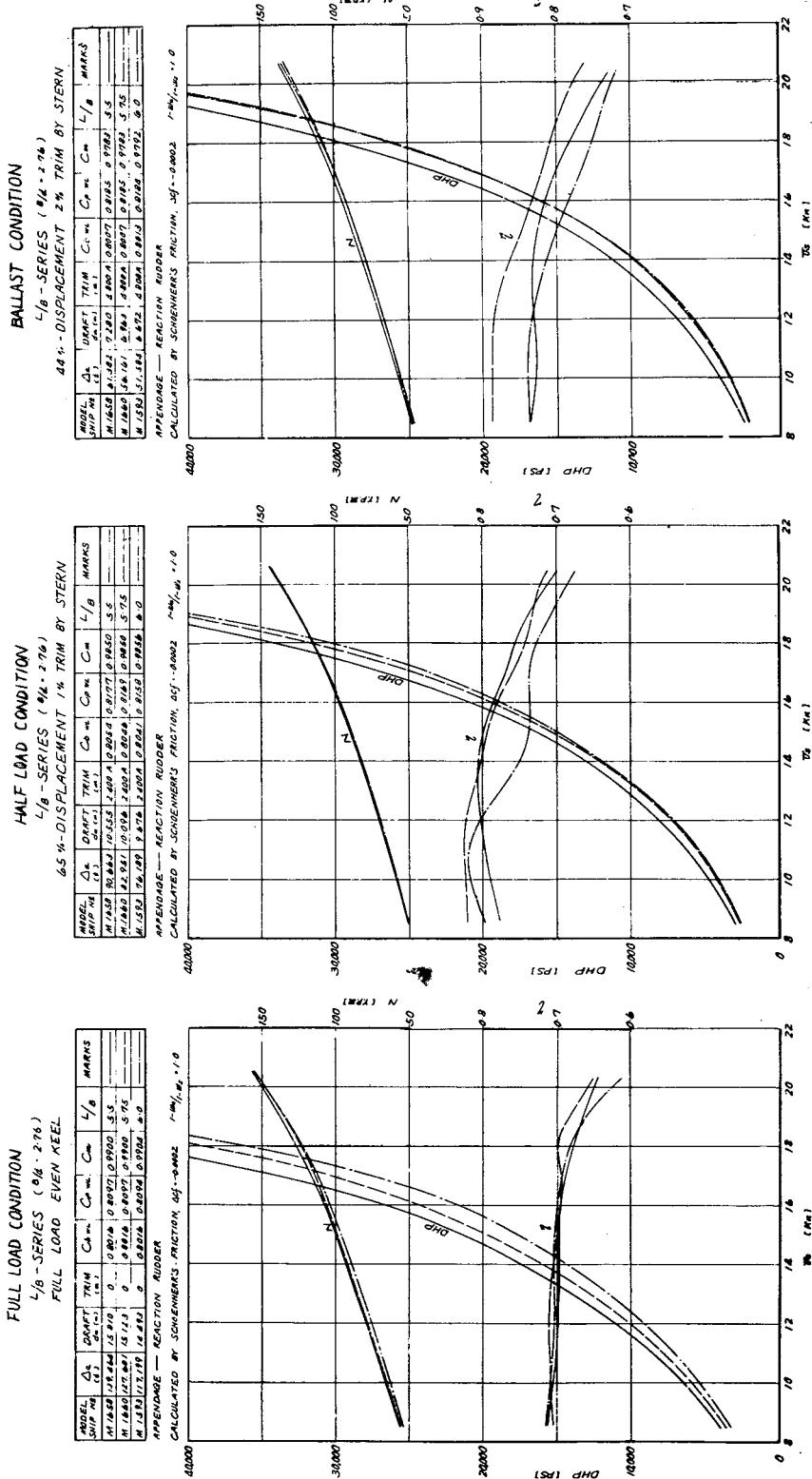


Fig. 2.1-23 DHP ETC. CURVES ( $C_B = 0.82$ ,  $B/d = 2.76$ )

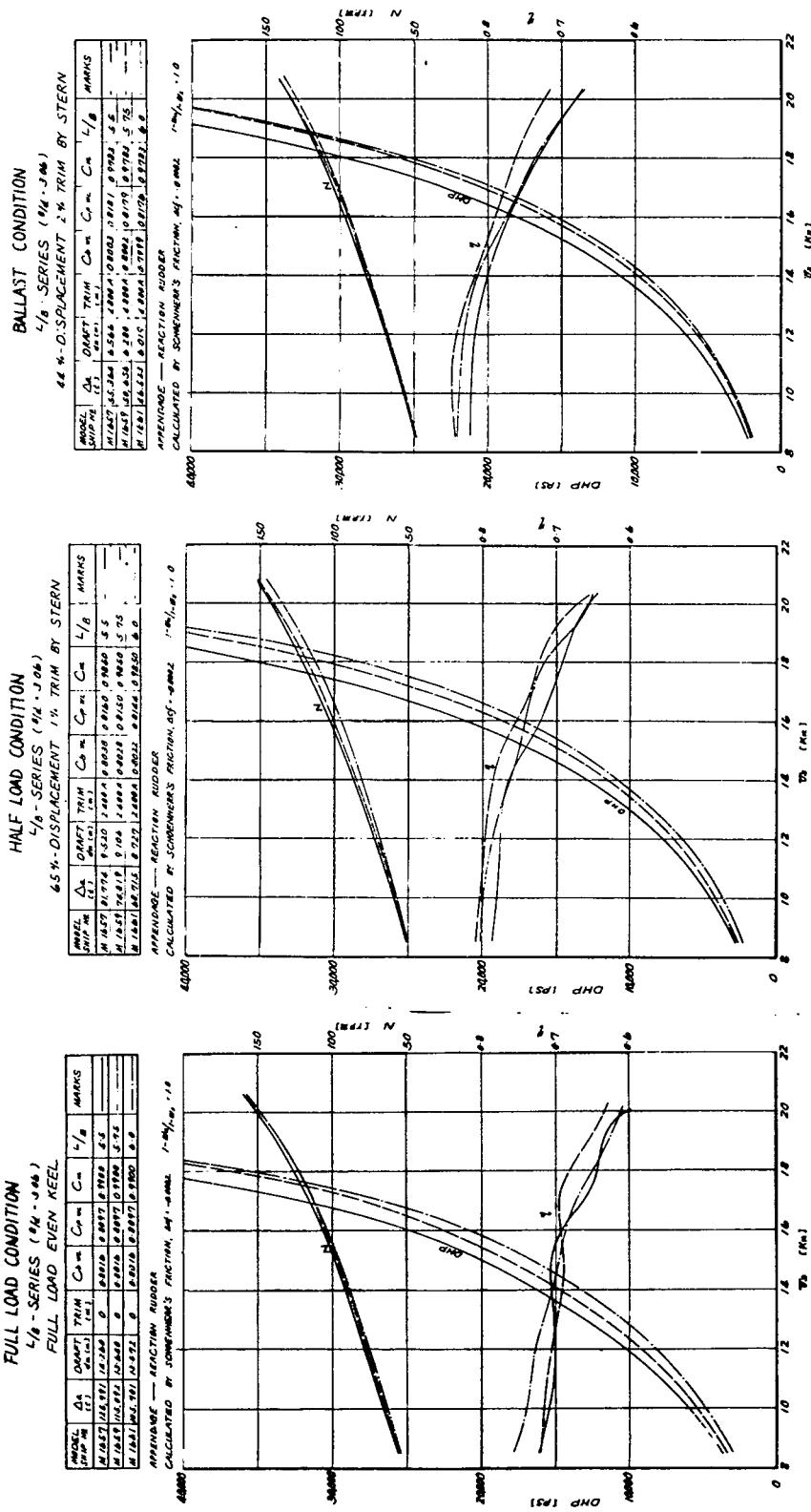


Fig. 2.1-24 DHP ETC. CURVES ( $C_B=0.82$ ,  $B/d=3.06$ )

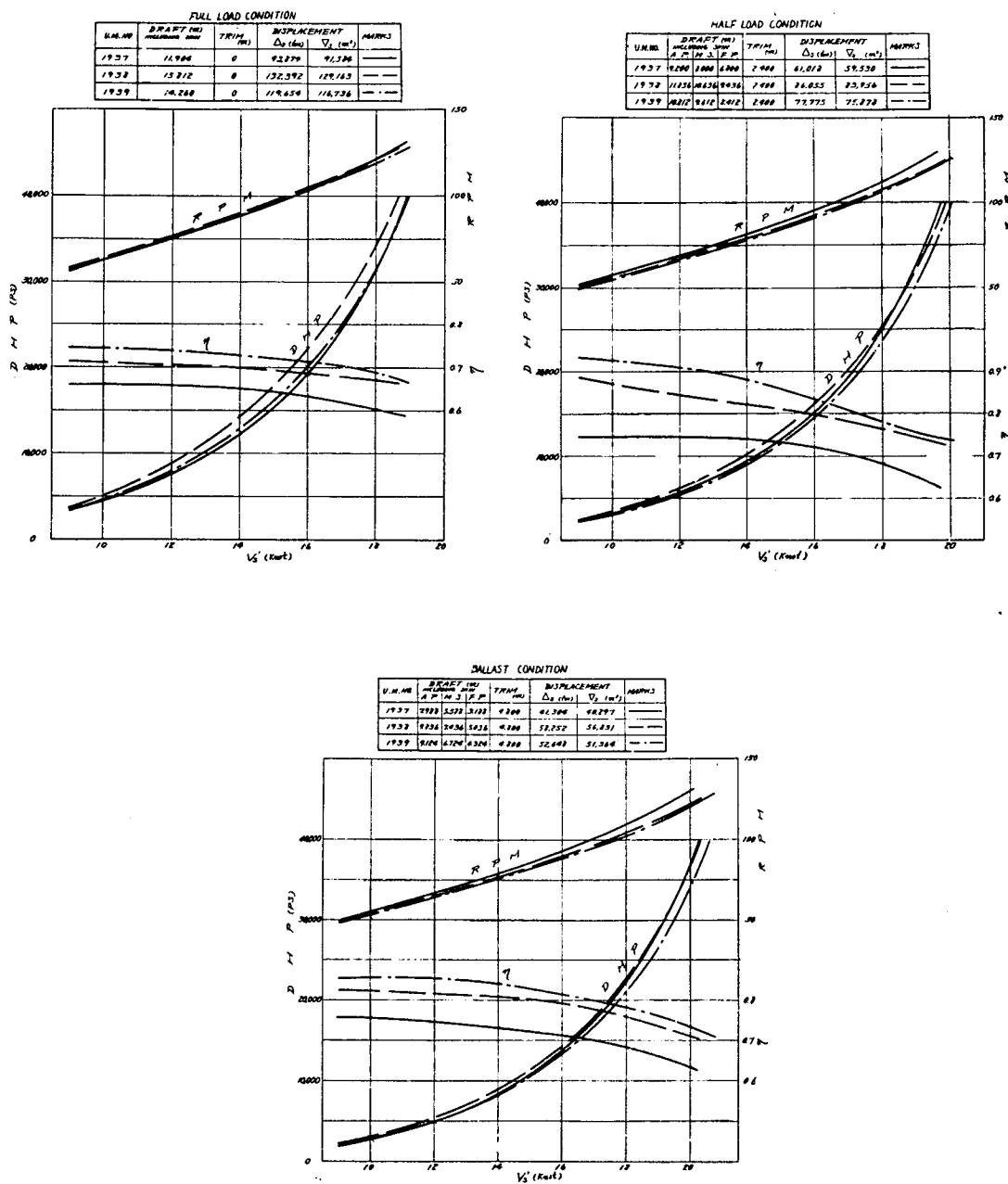


Fig. 2.1-25 DHP ETC. CURVES ( $C_B=0.78$ ,  $L/B=5.5$ ,  $B/d=2.76$ ,  $3.06$ )  
( $C_B=0.80$ ,  $L/B=6.0$ ,  $B/d=3.36$ )

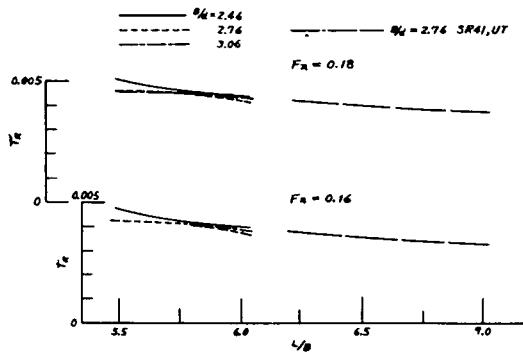


Fig. 2.1-26  $L/B-r_R$  CURVES  
(FULL LOAD CONDITION,  
 $C_B=0.80$ )

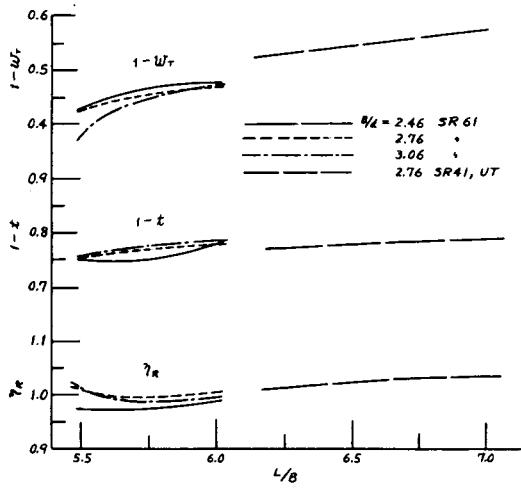


Fig. 2.1-27  $L/B-1-t$  ETC. CURVES  
(FULL LOAD CONDITION,  
 $C_B=0.80$ ,  $F_n=0.18$ )

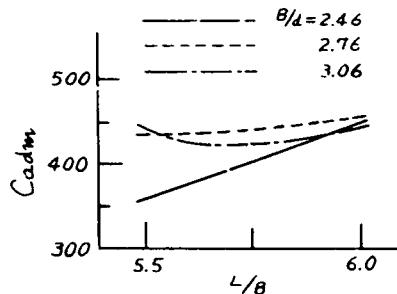


Fig. 2.1-28  $L/B-C_{adm}$  CURVES  
( $V_s=17$ ,  $F_n=0.118$ )

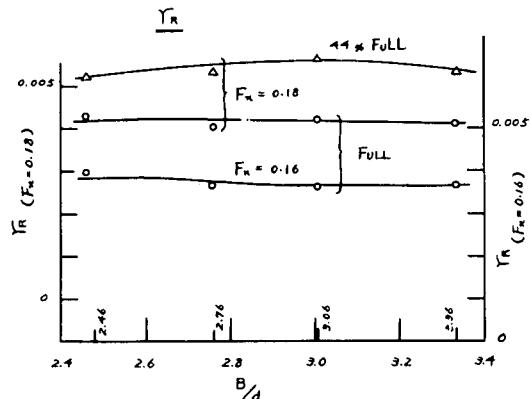


Fig. 2.1-29  $B/d-r_R$  CURVES,  
( $C_B=0.80$ ,  $L/B=6.0$ )

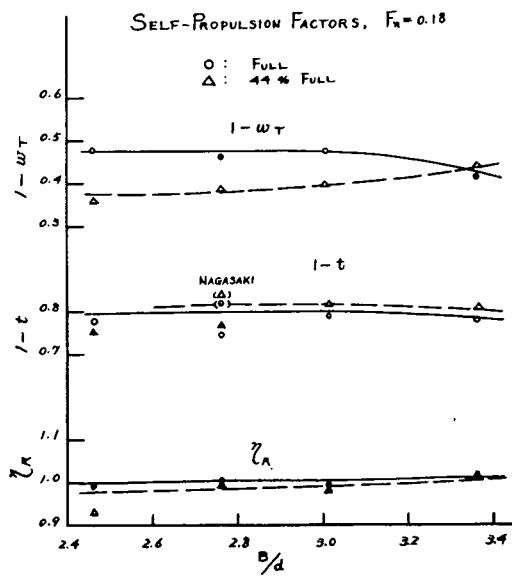


Fig. 2.1-30  $B/d-1-t$  ETC. CURVES  
( $C_B=0.80$ ,  $L/B=6.0$ )

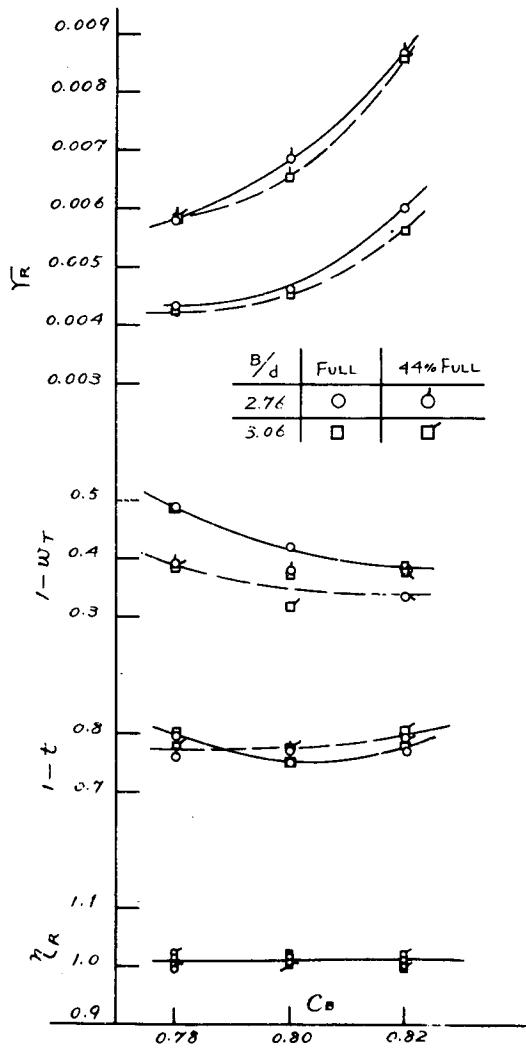


Fig. 2.1-31  $C_B-r_R$ ,  $1-t$  ETC. CURVES  
( $L/B=5.5$ ,  $F_n=0.18$ )

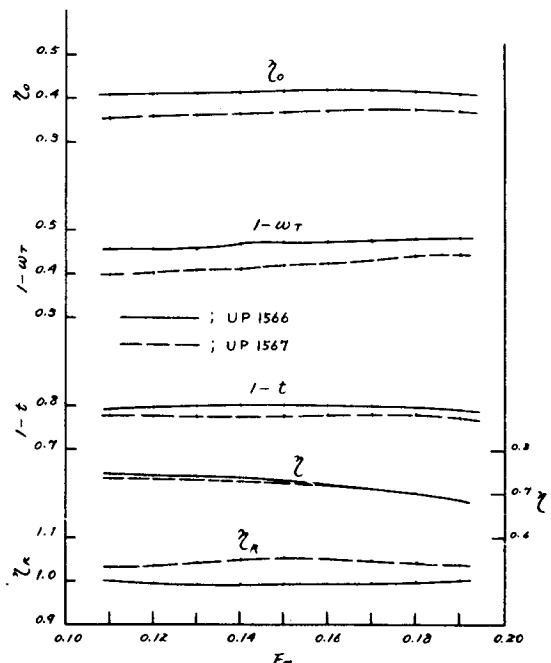


Fig. 2.1-32 EFFECT OF PROPELLER DIA. (U. M. No. 1938, FULL)

## 2.1.3 $C_B$ シリーズ

### 2.1.3.1 模型船および模型プロペラ

本シリーズに含まれる模型船は N. M. No. 1592 (U. M. No. 1725 に同じ,  $C_B=0.80$ ) を原型とし, その  $C_B$  を 0.78, 0.82, および 0.84 に変化させた 4 隻である。その満載吃水線の形状および横載面積曲線は Fig. 2.1-33 に, 各載貨状態ごとの要目は Table 2.1-5 に示すとおりである。また試験に使用した模型プロペラは  $L/B$ ,  $B/d$  シリーズの原型用プロペラ (U. P. No. 1562) と同形の N. P. No. 1352 である。

### 2.1.3.2 試験結果およびこれに対する考察

抵抗試験の結果を Fig. 2.1-34 に, プロペラ単独試験結果を Fig. 2.1-35 に, 自航試験の結果を自航要素の値で Fig. 2.1-36 に, 想定実船の伝達馬力曲線等を Fig. 2.1-37 に, それぞれ示した。

本シリーズの自航試験では, プロペラ中心位置を A. P. より前方 53.3 mm (実船において 3.20m) においたが, これは  $L/B$ ,  $B/d$  シリーズのプロペラ位置と多少の相違があるため原型 N. M. No. 1592 の満載状態に対しては,  $L/B$ ,  $B/d$  シリーズのプロペラ位置 (AP より前方 58.4 mm) と本シリーズの 53.3 mm の場合との比較の自航試験を追加した。

これらの結果を Fig. 2.1-38 および Fig. 2.1-39 に示す。

N. M. No. 1592 は前記のとおり  $L/B$ ,  $B/d$  シリーズの U. M. No. 1725 と同一の模型船であるが, 抵抗試験の結果では, 満載および半載状態において N. M. No. 1592 の方が  $r_R$  の値が若干大きく, また自航試験結果においても,  $t$ ,  $w_T$  に相違が見られるが, ここでは各シリーズ独立に試験結果の検討を行なうこととする。

本シリーズの試験結果をとりまとめると次のとおりである。

- (1) 剰余抵抗係数  $r_R$  の値は 3 つの載貨状態共通に全速度範囲を通じて  $C_B$  の増加とともに増加している。

ただし, 半載およびバラスト状態では, 低速において  $C_B=0.80$  と 0.82 の間の差が他にくらべていくらか大きいことが目だっている。

$r_R$  が急増する速度は, 満載状態においては比較的明瞭で,  $C_B=0.78$  に対しては  $Fn \approx 0.20$ ,  $C_B=0.84$  に対しては  $Fn \approx 0.175$  で,  $C_B$  の増加とともに低速に移っている。

- (2) 自航要素についてみると, 伴流係数  $w_T$  は各載貨状態を通じて  $C_B$  が増大する程増加し,  $C_B=0.84$  の船型では満載で  $w_T \approx 0.6$ , 半載, バラストでは  $w_T \approx 0.65$  と異常に大きい値となっている。

これは  $L/B$  の小さな船型の場合と同様に, 船尾の船体表面の傾斜が大きいことによるものと思われ, 流線の調査を行なうことが必要と考えられる。

$t$  については, 若干  $C_B$  の増加とともに増加する傾向が見られるが,  $w_T$  におけるように明らかではない。

$\gamma_R$  は各状態ともほとんど系統的な相違がみられない。

- (3) N. M. No. 1592 の満載状態におけるプロペラ位置の相違の影響をみると, プロペラ位置を後退

させた場合には  $w_r$  はほとんど差がないが、 $t$  が若干減少し、DHPにおいてもプロペラ位置後方の方が有利と思われる。

Table 2.1-5 PARTICULARS OF MODEL SHIPS ( $C_B$  SERIES)

LOAD CONDITION	FULL				HALF (65% FULL)				BALLAST(44% FULL)			
MODEL SHIP No.	1591	1592	1593	1594	1591	1592	1593	1594	1591	1592	1593	1594
DISPLACEMENT ( $m^3$ )	1.6990	1.7437	1.7866	1.8253	1.1045	1.1336	1.1614	1.1866	0.7478	0.7675	0.7863	0.8034
DRAFT (m)	0.3623	0.3623	0.3623	0.3623	0.2436	0.2427	0.2419	0.2413	0.1691	0.1679	0.1668	0.1660
TRIM IN % OF Lpp	0	0	0	0	1 %	1 %	1 %	1 %	2 %	2 %	2 %	2 %
BLOCK COEFFICIENT, $C_B$	0.7813	0.8019	0.8216	0.8394	0.7554	0.7781	0.7999	0.8195	0.7366	0.7616	0.7853	0.8064
PRISMATIC COEFFICIENT, $C_P$	0.7889	0.8097	0.8296	0.8475	0.7664	0.7894	0.8116	0.8315	0.7521	0.7777	0.8020	0.8236
MIDSHIP COEFFICIENT, $C_M$	0.9904	0.9904	0.9904	0.9904	0.9857	0.9857	0.9856	0.9856	0.9794	0.9793	0.9792	0.9791
WETTED SURFACE ( $m^2$ )	8.550	8.705	8.843	8.967	7.013	7.158	7.287	7.409	6.107	6.252	6.384	6.506

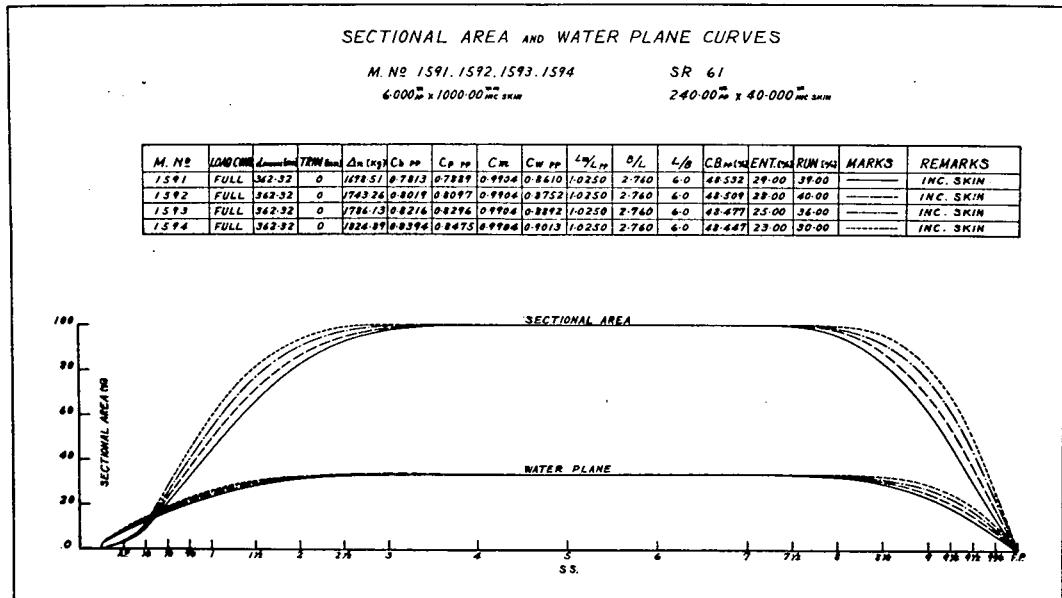


Fig. 2.1-33 SECTIONAL AREA CURVES ETC.  
( $C_B$  SERIES)

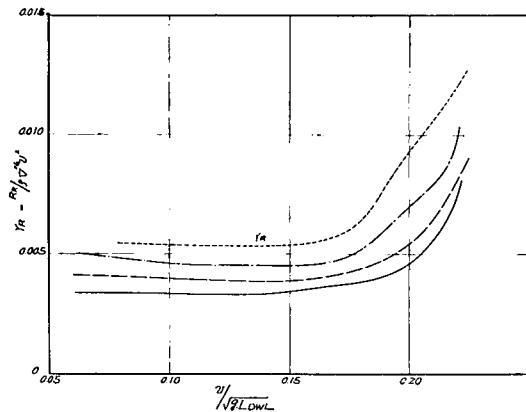
RESIDUAL RESIST COEFF CURVES

*C<sub>B</sub>*-SERIES

FULL LOAD EVEN KEEL

6000' x 1000 cu. ft.

MODEL	DISPLACEMENT	DRAFT	TRIM	S <sub>A</sub>	L <sub>PP</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>m</sub>	C <sub>m</sub>	B/L	WATER	MARXS
1.571	1440.85	24.2.2	0	0.530	4.150	0.7472	0.2457	0.9904	2.760	1.2.2	—	—
1.571	1440.85	24.2.2	0	0.530	4.150	0.7472	0.2457	0.9904	2.760	1.2.2	—	—
1.572	1441.70	24.2.2	0	0.535	4.150	0.7472	0.2457	0.9904	2.760	1.2.2	—	—
1.573	1442.55	24.2.2	0	0.543	4.150	0.7472	0.2457	0.9904	2.760	1.2.2	—	—
1.574	1443.40	24.2.2	0	0.547	4.150	0.7472	0.2457	0.9904	2.760	1.2.2	—	—



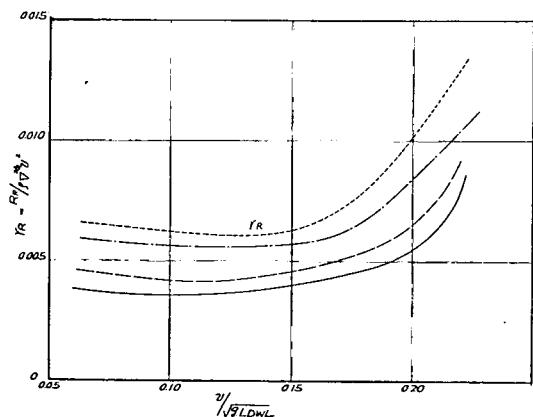
RESIDUAL RESIST COEFF CURVES

*C<sub>B</sub>*-SERIES

65% DISPLACEMENT 1% TRIM BY STERN

6000' x 1000 cu. ft.

MODEL	DISPLACEMENT	DRAFT	TRIM	S <sub>A</sub>	L <sub>PP</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>m</sub>	C <sub>m</sub>	B/L	WATER	MARXS
1.571	1440.85	22.2.4	0.005	0.512	4.972	0.7584	0.7486	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.572	1441.70	22.2.4	0.005	0.512	4.972	0.7584	0.7486	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.573	1442.55	22.2.4	0.005	0.518	4.972	0.7672	0.7572	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.574	1443.40	22.2.4	0.005	0.527	4.972	0.7760	0.7660	0.9864	4.120	1.2.2	—	—
1.575	1444.25	22.2.4	0.005	0.536	4.972	0.7848	0.7748	0.9864	4.120	1.2.2	—	—



RESIDUAL RESIST COEFF CURVES

*C<sub>B</sub>*-SERIES

64% DISPLACEMENT 2% TRIM BY STERN

6000' x 1000 cu. ft.

MODEL	DISPLACEMENT	DRAFT	TRIM	S <sub>A</sub>	L <sub>PP</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>av</sub>	C <sub>m</sub>	C <sub>m</sub>	B/L	WATER	MARXS
1.571	1440.85	21.1.1	0.010	0.512	5.472	0.7584	0.7486	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.572	1441.70	21.1.1	0.010	0.512	5.472	0.7584	0.7486	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.573	1442.55	21.1.1	0.010	0.518	5.472	0.7672	0.7572	0.9867	4.120	1.2.2	—	—
1.574	1443.40	21.1.1	0.010	0.527	5.472	0.7760	0.7660	0.9864	4.120	1.2.2	—	—
1.575	1444.25	21.1.1	0.010	0.536	5.472	0.7848	0.7748	0.9864	4.120	1.2.2	—	—

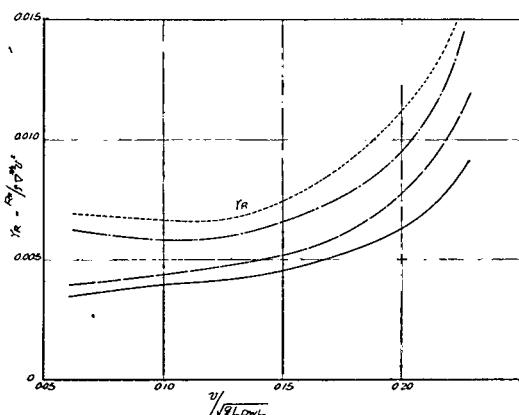


Fig. 2.1-34  $r_R$  CURVES

(*C<sub>B</sub>* SERIES)

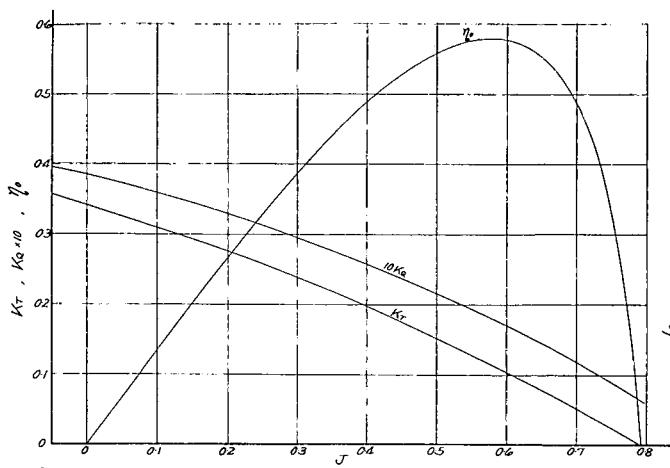


Fig. 2.1-35 FROFELLER CFEN  
CHARACTERISTIC  
CURVES (N. P. No. 1352)

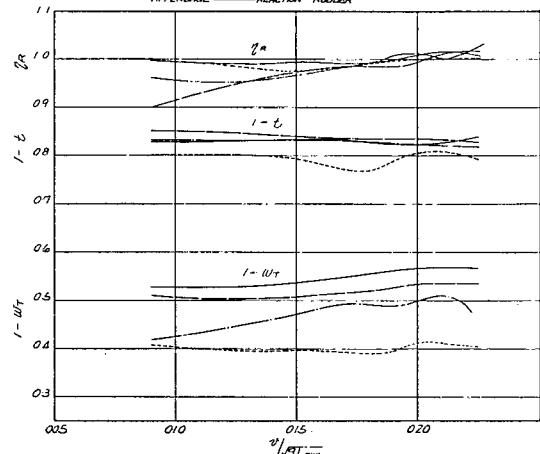
SELF-PROPELLUTION TEST RESULTS

$C_B$  - SERIES

FULL LOAD EVEN KEEL

MODEL SHIP NO.	MODEL PROP NO.	Cm	Marks
M 1591		0.7622	
M 1592	P 1352	0.7823	
M 1593		0.8116	
M 1594		0.8189	

APPENDAGE — REACTION RUDDER



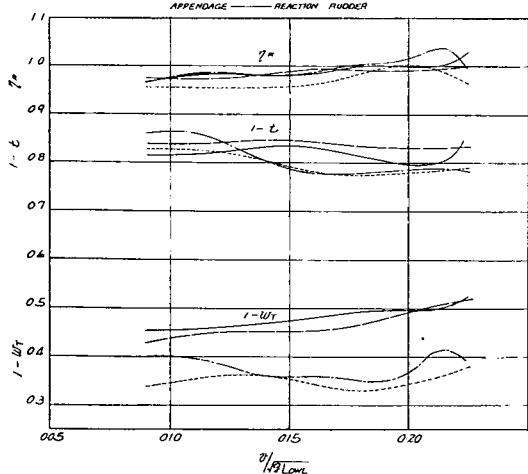
SELF-PROPELLUTION TEST RESULTS

$C_B$  - SERIES

65% DISPLACEMENT 1% TRIM BY STERN

MODEL SHIP NO.	MODEL PROP NO.	Cm	Marks
M 1591		0.7551	
M 1592	P 1352	0.7817	
M 1593		0.8061	
M 1594		0.8140	

APPENDAGE — REACTION RUDDER



SELF-PROPELLUTION TEST RESULTS

$C_B$  - SERIES

65% DISPLACEMENT 2% TRIM BY STERN

MODEL SHIP NO.	MODEL PROP NO.	Cm	Marks
M 1591		0.7516	
M 1592	P 1352	0.7770	
M 1593		0.8018	
M 1594		0.8229	

APPENDAGE — REACTION RUDDER

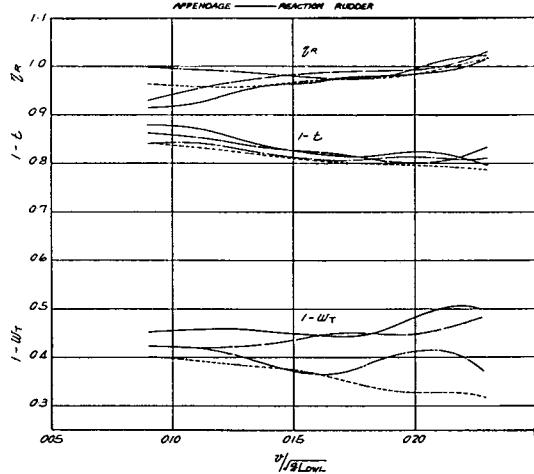


Fig. 2.1-36  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
( $C_B$  SERIES)

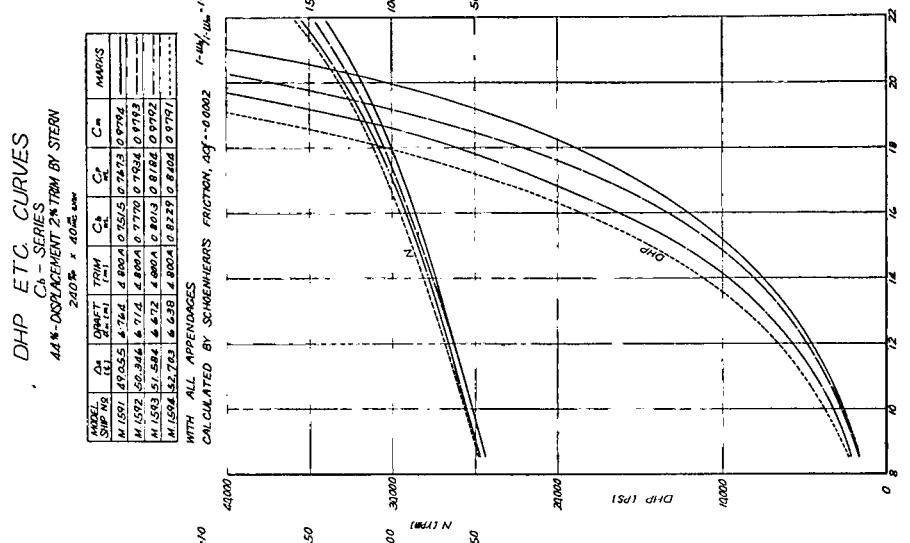
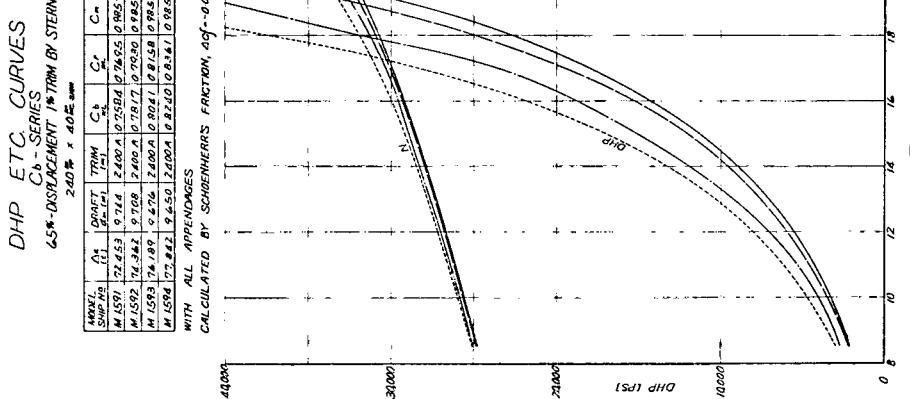
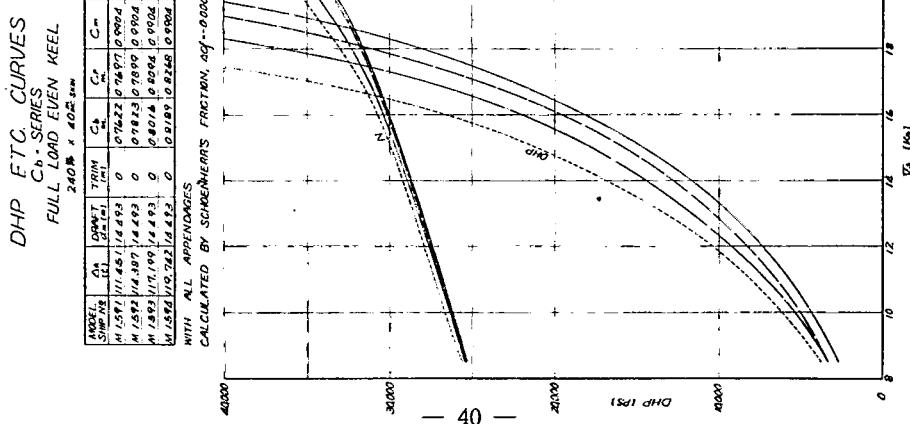


Fig. 2.1-37 DHP ETC. CURVES  
(C<sub>b</sub> SERIES)

### DHP ETC. CURVES

FULL LOAD EVEN KEEL

$240 \text{ ft} \times 40 \text{ ft. deep}$

MODEL SHIP NO.	$A_L$ ( $\text{cm}^2$ )	DRAFT ( $\text{cm}$ )	TRIM ( $\text{cm}$ )	$C_b$ ( $\text{cm}$ )	$C_p$ ( $\text{cm}$ )	$C_m$ ( $\text{cm}$ )	PROP POSITION ( $\text{cm}$ )	MARKS
M 1592	114,387	14,493	0	0.7823	0.7899	0.9904	3,200	

WITH ALL APPENDAGES  
CALCULATED BY SCHOENHERR'S FRICTION,  $AC_f = 0.0002$   $1 - w_f / 1 - w_{\infty} = 1.0$

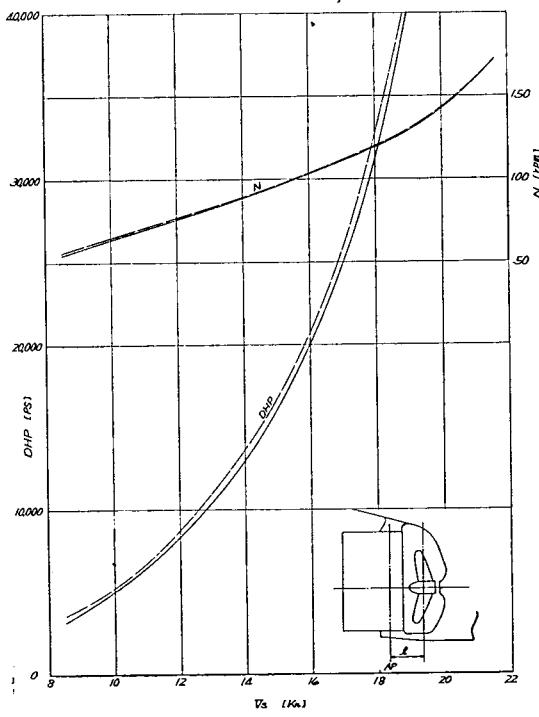


Fig. 2.1-39 DHP ETC. CURVES  
(COMPARISON OF PROPELLER POSITION)

### SELF-PROPELLSION TEST RESULTS

FULL LOAD EVEN KEEL

MODEL SHIP NO.	MODEL PROP NO.	$C_{b_m}$	PROPELLER POSITION	MARKS
M 1592	P 1352	0.7823	-3.200	

APPENDAGE — REACTION RUDDER

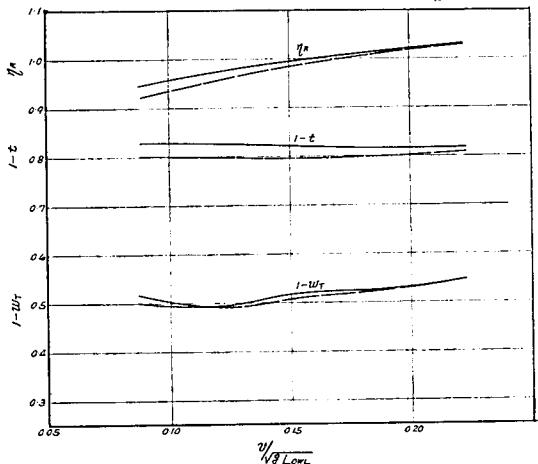


Fig. 2.1-38  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES  
(COMPARISON OF PROPELLER POSITION)

#### 2.1.4 $lcb$ シリーズ

##### 2.1.4.1 模型船および模型プロペラ

本シリーズに含まれる模型船は N.M. No. 1592 (U.M. No. 1725 と同じ,  $lcb = -1.5\%$ ) を原型とし, その浮心位置を  $-2.25\%$ ,  $-3.0\%$  および  $-3.75\%$  に変えたもので, それらの横載面積曲線を Fig. 2.1-40 に, 各模型船の主要寸法を Table 2.1-6 に示した。各模型船の満載, 半載, バラストの 3 状態に対する試験状態を Table 2.1-7 に示す。

また試験に使用したプロペラは原型用模型船のプロペラと同一の N.P. No. 1352 (U.P. No. 1562 に同じ) である。

##### 2.1.4.2 試験結果およびこれに対する考察。

原型を含む 4 船型の試験結果比較を各載貨状態ごとに次の各図に示す。

剩余抵抗係数 Fig. 2.1-41

自航要素 Fig. 2.1-42

### 伝達馬力曲線図 Fig. 2.1-43

なお、N.P. No. 1352 単独試験結果は Fig. 2.1-35 のとおりである。

各試験結果の検討結果は次のとおりである。

#### (1) 剰余抵抗係数

満載状態の  $r_R$  をみると、浮心位置が前方にうつるほど低速における  $r_R$  の値が低くなり、逆に高速における  $r_R$  の値が高くなっている。すなわち浮心がうしろにゆくほど高速に適した船型になるという常識的な結論であるが、浮心が最もうしろである母型 N.M. No. 1592 は、フルード数 0.19 以上ではじめて  $r_R$  が最小となり、また浮心が最も前である N.M. No. 1753 はフルード数 0.14 以上では  $r_R$  が急増しており、フルード数 0.16~0.19 程度を目標とした本船型では、N.M. No. 1751, N.M. No. 1752 (浮心位置; 2.5~-3.0%) 程度が適当と思われる。

半載状態およびバラスト状態では  $r_R$  がクロスする速度は若干ずれるが、満載状態と似た傾向がみられる。

#### (2) 自航要素

自航要素については、満載状態では浮心位置の相違によって、系統的な自航要素の変化がみられ、浮心位置が前方へうつるほど  $1-t$ ,  $1-w_T$ ,  $\eta_R$  がともに上昇している。

N.M. No. 1592 は、浮心が最も後方であるにもかかわらず、 $1-t$ ,  $1-w_T$  は他の 3 隻のシリーズの中間にあり、系統的な変化を示していないが、全般的にみて、浮心位置の前方移動により、船尾部がフライングになるにつれて、 $1-t$ ,  $1-w_T$ ,  $\eta_R$  はともに上昇するという結論が得られるとおもう。

半載状態、バラスト状態においても浮心位置の変化による自航要素の変化はほぼ同様の傾向を示している。

#### (3) 伝達馬力曲線

前記の  $r_R$  および自航要素の相違の結果として、高速になるほど、浮心位置が後方にある船型が性能良好である。すなわち、満載状態では約 13.5 kn 以下では N.M. No. 1753, 13.5~17 kn では N.M. No. 1752, 17~18.5 kn では N.M. No. 1751, また 18.5 kn 以上では M 1592 が最小の馬力を示している。

一定の DHP における速力で比較すると 20,000 ps では、N.M. No. 1752 が最良で、N.M. No. 1753, N.M. No. 1751 とは約 0.1 kn の差があり、また N.M. No. 1592 とは約 0.3 kn の差がある。25,000 ps では N.M. No. 1751, N.M. No. 1752 が良好で、他の 2 船型に対し約 0.15 kn の差がある。また 30,000 ps では N.M. No. 1751 が最良で、N.M. No. 1753 との差は約 0.4 kn で、他の 2 船型との差は約 0.05 kn 程度である。

原型である N.M. No. 1592 が最良の性能を示す速力は、DHP で約 35,000 ps 以上であり、実用上は浮心がうしろすぎると判断される。

半載状態およびバラスト状態でも傾向は同様であり、DHP 約 20,000 ps 以上では N.M. No. 1751 が、またこれ以下では N.M. No. 1752 が最良である。

Table 2.1-6 PARTICULARS OF MODEL SHIPS (*lcb* SERIES)

N . M . N o	1 5 9 2	1 7 5 1	1 7 5 2	1 7 5 3
L PP (m)		6 0 0 0		
B (m)		1 0 0 0		
d (m)		0 3 6 2 3		
L/B		6 0 0 0		
B/d		2 7 6 0		
C B	0 8 0 1 9	0 8 0 1 5	0 8 0 1 8	0 8 0 1 5
C P	0 8 0 9 7	0 8 0 9 3	0 8 0 9 6	0 9 9 0 4
C H		0 9 9 0 4		
Z cb	- 1 4 9 1 %	- 2 2 6 0 %	- 3 0 2 3 %	- 3 8 0 7 %

Table 2.1-7 TEST CONDITIONS (*lcb* SERIES)

N . M . N o	1 5 9 2		1 7 5 1		1 7 5 2		1 7 5 3	
	FULL	HALF	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	BALLAST
L PP (m)					6 0 0 0			
L DWL (m)					6 1 5 0			
B (m)					1 0 0 0			
Z cb IN % OF L PP	- 1 4 9 1		- 2 2 6 0		- 3 0 2 3		- 3 8 0 7	
A . P .	2 7 2 7	2 2 7 9	2 7 3 1	2 2 8 2	2 7 3 1	2 2 8 2	2 7 3 0	2 2 8 1
d (m)	3 6 2 3	2 4 2 7	3 6 2 5	2 4 3 1	1 6 8 2	3 6 2 4	2 4 3 1	1 6 8 1
F . P .		2 1 2 7	1 0 7 9	2 1 3 1	1 0 8 2	2 1 3 1	1 0 8 2	2 1 3 0
TRIM IN % OF L PP	0	1	2	0	1	2	0	1
DISPLACEMENT (kg)	1,743,7	1,133,6	767,5	1,743,7	1,133,6	767,5	1,743,7	1,133,6
WETTED SURFACE(m <sup>2</sup> )	8,705	7,158	6,252	8,706	7,155	6,251	8,708	7,157
								6,248
								8,719
								7,156
								6,241

### SECTIONAL AREA CURVES

N.M.No 1592, 1751, 1752, 1753      SHIP

600 mm x 1000.0 mm skin      240.0 mm x 40.00 mm

N.M.N o	C B	C P	C H	B/d	Z cb %	MARKS
M.1592	0.8019	0.8097			-1491	-----
M.1751	0.8015	0.8093	0.9904	2.76	-2260	-----
M.1752	0.8018	0.8096			-3023	-----
M.1753	0.8015	0.8093			-3807	-----

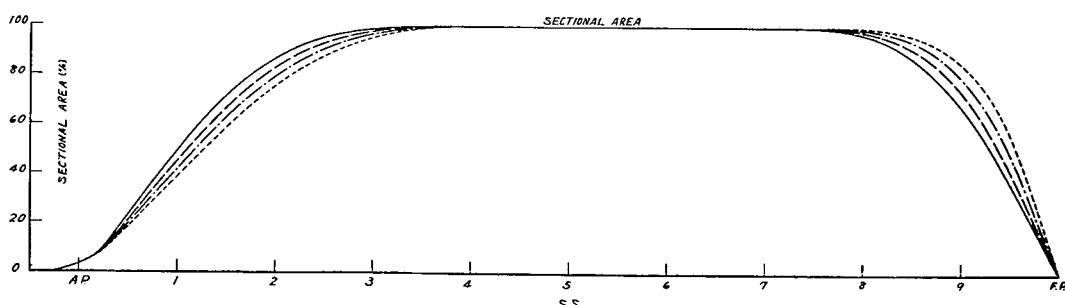


Fig. 2.1-40 SECTIONAL AREA CURVES (*lcb* SERIES)

RESIDUAL RESIST COEFF. CURVES

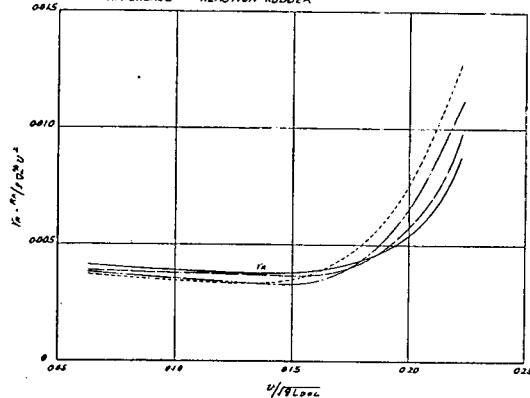
LCB-SERIES

FULL LOAD EVEN KEEL

$6,000 \text{ ft} \times 1,000 \text{ Tons SPM}$

R.M.N.	$A_s$	$C_{diss}$	TRIM	$S_0$	$L_{pp}$	$C_{av1}$	$C_{av2}$	$C_m$	$B/d$	LCB	TEMP	MARKS
RH1621	-	242.00	0	0.760	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	0	0.760	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	0	0.760	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	0	0.760	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-

APPENDAGE — REACTION RUDDER



RESIDUAL RESIST COEFF. CURVES

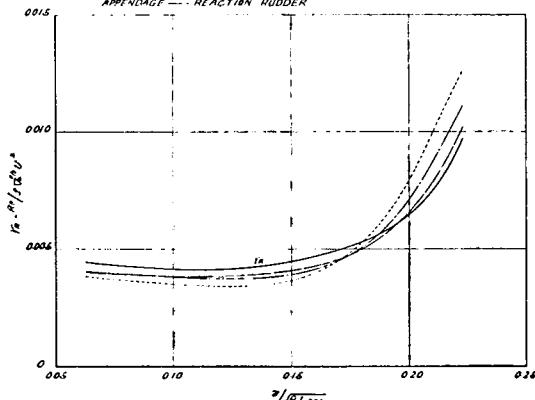
LCB-SERIES

65% LOAD 1/4 TRIM BY STERN

$6,000 \text{ ft} \times 1,000 \text{ Tons SPM}$

R.M.N.	$A_s$	$C_{diss}$	TRIM	$S_0$	$L_{pp}$	$C_{av1}$	$C_{av2}$	$C_m$	$B/d$	LCB	TEMP	MARKS
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-

APPENDAGE — REACTION RUDDER



RESIDUAL RESIST COEFF. CURVES

LCB-SERIES

65% LOAD 2 1/4 TRIM BY STERN

$6,000 \text{ ft} \times 1,000 \text{ Tons SPM}$

R.M.N.	$A_s$	$C_{diss}$	TRIM	$S_0$	$L_{pp}$	$C_{av1}$	$C_{av2}$	$C_m$	$B/d$	LCB	TEMP	MARKS
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-
RH1621	-	242.00	1/4	0.750	-	0.7715	0.7702	0.7694	1.940	14.9	-	-

APPENDAGE — REACTION RUDDER

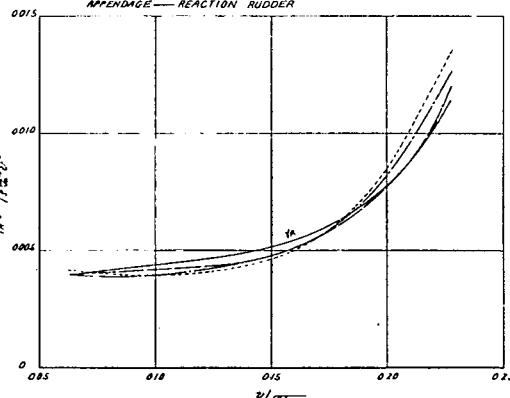


Fig. 2.1-41  $r_R$  CURVES (lcb SERIES)

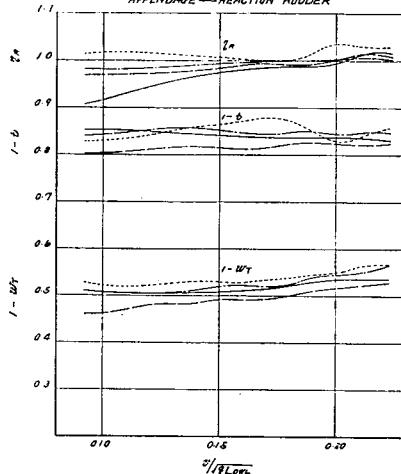
**SELF-PROPELLION TEST RESULTS**

L.C.B.-SERIES

FULL LOAD EVEN KEEL

N.M. NO.	P. NO.	L.C.B.	MARKS
N.M.1592		-1.011	
N.M.1751		-1.011	
N.M.1752	P1352	-1.011	
N.M.1753		-1.002	

APPENDAGE - REACTION RUDDER



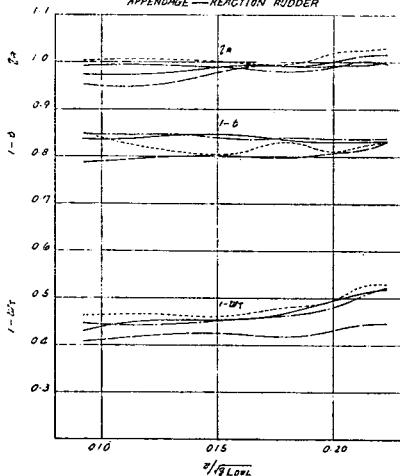
**SELF-PROPELLION TEST RESULTS**

L.C.B.-SERIES

65% LOAD 1% TRIM BY STERN

N.M. NO.	P. NO.	L.C.B.	MARKS
N.M.1592		-1.011	
N.M.1751		-1.011	
N.M.1752	P1352	-1.011	
N.M.1753		-1.002	

APPENDAGE - REACTION RUDDER



**SELF-PROPELLION TEST RESULTS**

L.C.B.-SERIES

65% LOAD 2% TRIM BY STERN

N.M. NO.	P. NO.	L.C.B.	MARKS
N.M.1592		-1.011	
N.M.1751		-1.011	
N.M.1752	P1352	-1.011	
N.M.1753		-1.002	

APPENDAGE - REACTION RUDDER

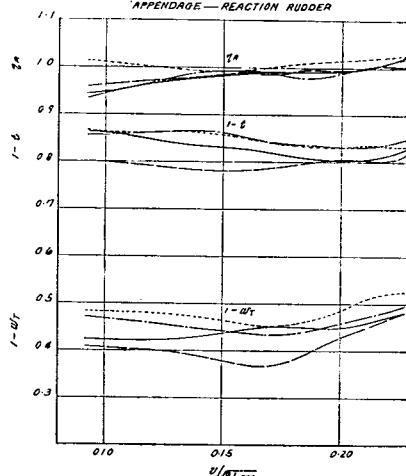


Fig. 2.1-42  $\eta_R$ ,  $1-t$ ,  $1-w_T$  CURVES (lcb SERIES)

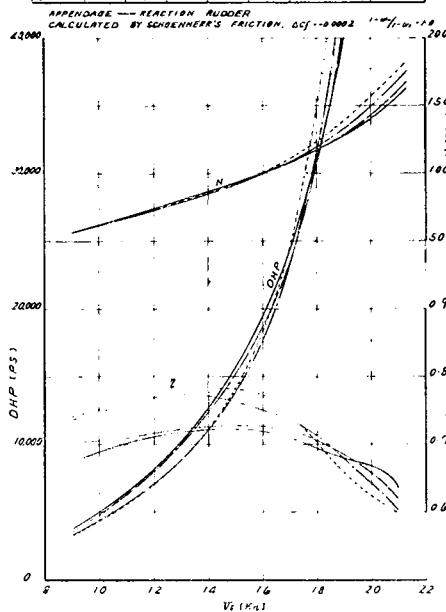
DHP.N<sub>7</sub> CURVES

LCB-SERIES

FULL LOAD EVEN KEEL

24000 ft. + 4000 ft. min.

N M NO	$\alpha_{\text{st}}$	$d_{\text{app}}$	TRIM	$C_{\text{av}}$	$C_{\text{av}}$	$C_m$	LCB	MARKS
NM1692	16.387	16.471	0	0.7813	0.7999	0.9904	1.00	
NM1751	-	16.388	0	0.7819	0.7999	-	2.260	
NM1752	-	16.474	0	0.7822	0.7999	-	3.033	
NM1753	-	16.389	0	0.7819	0.7999	-	3.807	



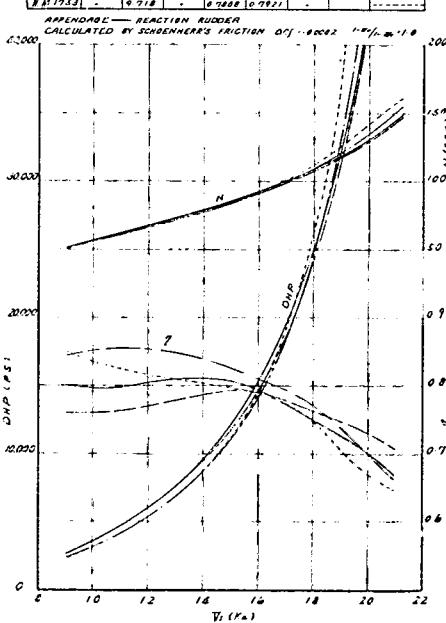
DHP.N<sub>7</sub> CURVES

LCB-SERIES

65% LOAD 1% TRIM BY SIERN

24000 ft. + 4000 ft. min.

N M NO	$\alpha_{\text{st}}$	$d_{\text{app}}$	TRIM	$C_{\text{av}}$	$C_{\text{av}}$	$C_m$	LCB	MARKS
NM1692	16.382	0.768	2.000	0.7817	0.7980	0.9837	-	
NM1751	-	0.722	-	0.7808	0.7984	-		
NM1752	-	-	-	0.7814	-	-		
NM1753	-	0.718	-	0.7808	0.7987	-		



DHP.N<sub>7</sub> CURVES

LCB-SERIES

65% LOAD 2% TRIM BY SIERN

24000 ft. + 4000 ft. min.

N M NO	$\alpha_{\text{st}}$	$d_{\text{app}}$	TRIM	$C_{\text{av}}$	$C_{\text{av}}$	$C_m$	LCB	MARKS
NM1692	16.346	0.714	4.000	0.7770	0.7938	0.9793	-	
NM1751	-	0.726	-	0.7757	0.7921	-		
NM1752	-	0.718	-	0.7769	0.7918	-		
NM1753	-	0.712	-	0.7761	0.7916	-		

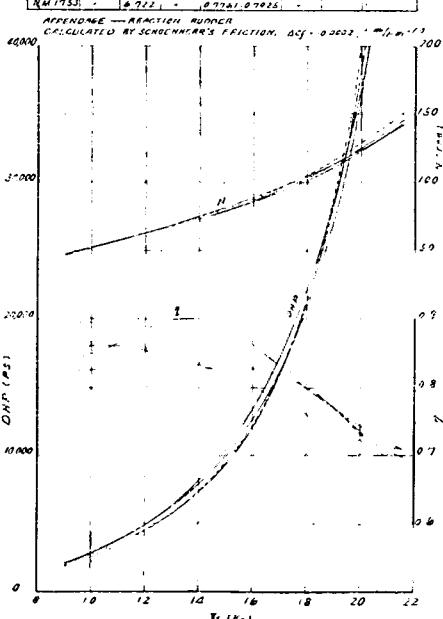


Fig. 2, 1-43 DHP ETC. CURVES (lcb SERIES)

## 2.1.5 2軸船型の $C_B$ シリーズと、1軸2軸船型の比較

### 2.1.5.1 模型船および模型プロペラ

本試験では、前に述べた  $lcb$  シリーズの1軸船型 (N. M. No. 1751,  $lcb = -2.25\% L_{PP}$ ) の、船尾部形状のみを2軸船船型に変更したものを原型とし、その  $C_B$  を2種に変えた2軸船型を使用した。(Table 2.1-1 参照) なおこれらの船型決定に当っては、特に線図小委員会を設け、想定される実船の主要寸法、主機関の出力、回転数等を検討のうえ、線図、推進器要目、舵形状およびその位置を定めた。

$C_B$  シリーズに使用された模型船は B. M. No. 197, 198, 199 の3隻で、その横載面積曲線を Fig. 2.1-44 に、B. M. No. 197 ( $C_B = 0.80$ ) の船体寸法表を Table 2.1-8、正面線図を Fig. 2.1-45 に、船首尾形状、ボッシング・舵配置を Fig. 2.1-46 に示した。舵は Fig. 2.1-46 でも明らかなように双舵である。

B. M. No. 196 は比較の対象とした1軸船型で、N. M. No. 1751 と同一の模型船である。各模型船の載貨状態ごとの試験要目を、Table 2.1-9 に示す。また試験に使用したプロペラは、2軸船型の場合は P. No. 1724、1軸船型の場合は P. No. 1562 で、それぞれの要目は Fig. 2.1-50, Fig. 2.1-51 中に示す。

### 2.1.5.2 試験結果およびこれに対する考察

試験の結果はそれぞれ次の図に示す。

剩余抵抗係数 Fig. 2.1-47

〃 (B. M. No. 198,  $C_B = 0.80$  裸殻) Fig. 2.1-48

〃 " Fig. 2.1-49

推進器単独試験 Fig. 2.1-50, Fig. 2.1-51

自航要素 (2軸船型の場合) Fig. 2.1-52

〃 (1軸船型の場合) Fig. 2.1-53

伝達馬力曲線 Fig. 2.1-54

ただし、このシリーズでは、速度の無次元化表示に当り、船の長さとしては  $L_{PP}$  を採っているのでこの点を注意してほしい。なお Fig. 2.1-49 は、低速域まで行なった抵抗試験結果を、レイノルズ数を横軸に全抵抗係数の形で表示し、ヒューズの形状影響係数を求めたものである。

#### (1) 2軸船型における $C_B$ の影響

剩余抵抗係数においては、各載貨状態について、 $C_B$  の増大につれて係数の増加が見られ、載貨状態、あるいはフルード数によってその傾向が変化することはない。したがって有効馬力については  $C_B$  の増大による単調な増加となる。

自航試験においては、肥大船型にしばしばあらわれる計測値のばらつき、不安定が認められたが、自航要素では  $C_B$  の増大につれて  $1-w_T$  がやや減少する傾向がある以外には  $C_B$  の影響は顕著にあらわれていない。

#### (2) 1軸、2軸船型の性能比較

剩余抵抗係数で比較すると、2軸船型は1軸船型より著しく係数が低下している。その低下量

はフルード数が低いほど大きく、 載貨状態では排水量が減少するほど大きくなっており、 たとえばフルード数 0.16 での低下率の概略値は満載で18%， 半載で28%， 軽荷で25%である。船体後半部の形状変化により、 2軸船型では著しい剩余抵抗係数の改善があり、 この結果約1～2%の浸水表面積の増加にもかかわらず、 有効馬力においても2軸船型が優れていることがわかった。しかし、 推進性能から考えれば、 船尾伴流が小さくなるために上述の利点は相殺されてしまう。1軸船型の  $1-w_T$  が 0.4～0.5 であるのに比べ、 2軸船型のそれは 0.7～0.8 で、 結局伝達馬力では依然として1軸船型が優れていることがわかった。しかし満載状態 16 kn 前後での速力の差は約 0.3 kn 程度であり、 操縦性、 主機関選択等の関係で2軸船型を採用することは十分考えられる。また両船型で  $1-w_T$  は著しく異なる値となっているが、 実船に換算する場合の尺度影響の相異を考えると両者の性能はさらに接近する可能性があることなどから2軸船船型の改善に関する研究は今後とも大いに推進させる必要があると考えられる。

### (3) 低速域抵抗試験および裸殻抵抗試験

特に追加した低速域抵抗試験は4隻の模型船の満載状態のみについて、 フルード数0.05付近まで実施した。フルード数の特に低いところでは計測値がばらついたが、 0.07より上で形状影響係数を推定することができる。さらに B. M. No. 198 については、 模型船製作の途中で裸殻状態で一応表面を仕上げ、 裸殻抵抗試験を3載貨状態について低速域まで実施した。これらの結果は Fig. 2.1-48 および Fig. 2.1-49 に示してある。Fig. 2.1-49 にみられるとおり、 ヒューズの形状影響係数  $K$  は 0.35～0.4 の範囲にある。また、 載貨状態と  $K$  との関係は、  $L/d$  の増大につれて低下する傾向が認められるが、 その差は小さい。

Table 2.1-8

M. NO 197

## PARTICULARS.

LENGTH (BETWEEN PERPENDICULARS)	6000.0 mm
LENGTH (ON L.W.L.)	6150.0 mm
BREADTH (INCLUDING SKIN)	1000.0 mm
DRAUGHT (INCLUDING SKIN - DESIGNED FULL LOAD)	3623 mm
RISE OF FLOOR	0
STARTING POINT OF RISE OF FLOOR FROM CENTRE LINE	900.0 mm
RADIUS OF BILGE CIRCLE	
MEAN THICKNESS OF SHELL PLATINGS	
WATER LINE - BOW AND BUTTICK LINE APART	400.0 mm
SQUARE STATION APART	600.0 mm

LENGTH OF MODEL / LENGTH OF SHIP = 1/400

NO OF B. L.	H. L.	F.	BREADTH	DEPTH (mm)	Q.F.F. SET			H. L. G. H. T.			ABOVE BOTTOM OF MODEL (mm)		
					BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL	BL
S. S.	0.0	2000.0	400.0	600.0	1200.0	3200.0	2400.0	2000.0	1600.0	1200.0	900.0	600.0	400.0
B.													
A.													
A. P.	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1/4	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1/2	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
3/4	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1 1/2	0.95	1.19	1.36	1.56	1.82	2.30	2.05	1.85	1.62	1.36	1.09	0.89	0.69
2	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15
2 1/2	2.00	2.33	2.67	3.00	3.33	3.67	3.00	2.67	2.33	2.00	1.67	1.33	1.17
3	3.70	4.03	4.40	4.74	5.11	5.48	4.74	4.40	3.70	3.00	2.00	1.33	0.83
4	4.00	4.67	5.00	5.49	5.95	6.42	5.49	4.67	4.00	3.00	2.00	1.33	0.83
5	5.00	5.67	6.00	6.44	6.81	7.18	6.44	5.67	5.00	4.00	3.00	2.00	1.33
6-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7.00	7.78	8.37	8.95	9.53	10.11	8.95	7.78	7.00	5.00	3.00	2.00	1.33
7 1/2	4.00	4.67	5.00	5.49	5.95	6.42	5.49	4.67	4.00	3.00	2.00	1.33	0.83
8	3.90	4.50	4.69	4.86	4.96	5.00	4.86	4.69	4.50	4.00	3.00	2.00	1.33
8 1/2	3.50	3.97	4.19	4.43	4.53	4.67	4.53	4.19	3.50	3.00	2.00	1.33	0.83
9	2.32	2.97	3.22	3.57	3.92	4.37	3.72	3.22	2.32	1.90	1.48	1.06	0.69
9 1/2	1.50	2.23	2.49	2.65	2.76	2.91	2.49	2.23	1.50	1.14	0.84	0.54	0.28
9 3/4	1.0	1.37	1.69	1.73	1.86	2.00	1.0	0.47	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00
F. P.	865	938	959	979	985	995	985	959	938	900	865	821	760

Table 2.1-9

M	M	1 9 7	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	BALLAST	FULL	HALF	HALF	BALLAST
LENGTH (P.P.) m		6.000			6.000				6.000			6.000
# (LWL) m	6.1500	6.0413	5.9940	6.1500	6.0402	5.9937	6.1500	6.0391	5.9935			
BREADTH m		1.000			1.000				1.000			1.000
DRAFT m	A . P .	0.3623	0.2748	0.2323	0.3623	0.2742	0.2315	0.3623	0.2736	0.2308	0.2308	0.2307
A O	M . S .	0.3623	0.2448	0.1723	0.3623	0.2642	0.1715	0.3623	0.2436	0.1708	0.3623	0.2439
TRIM m	F . P .	0.3623	0.2148	0.1123	0.3623	0.2142	0.1115	0.3623	0.2136	0.1108	0.3623	0.2139
DISPLACEMENT m <sup>3</sup>		0	0.0600	0.1200	0	0.0600	0.1200	0	0.0600	0.1200	0	0.0600
WETTED SURFACE m <sup>2</sup>		1.7423	1.1325	0.7666	1.7856	1.1606	0.7857	1.8290	1.1889	0.8048	1.7422	1.1325
LENGTH (P.P.) m		8.8178	7.3146	6.4087	8.9270	7.4251	6.5184	9.0415	7.5283	6.6194	8.7183	7.1891
BREADTH m			2.4000			2.4000			2.4000			2.4000
D I H S	A . P .	1.4493	1.0992	0.9292	1.4493	1.0968	0.9260	1.4493	1.0944	0.9232	1.4493	1.0956
T R I M	M . S .	1.4493	0.7792	0.6892	1.4493	0.7668	0.6860	1.4493	0.7444	0.6832	1.4493	0.7556
DISPLACEMENT m <sup>3</sup>	F . P .	1.4493	0.592	0.492	1.4493	0.568	0.460	1.4493	0.544	0.452	1.4493	0.556
PROPELLER X RUDDER		111.507	724.80	420.62	114.278	760.78	502.85	117.056	760.90	51.507	111.501	724.80
C <sub>b</sub>		0.8000			TWIN X 2		TWIN X 2		TWIN X 2		SINGLE X 1	0.8013
					0.8200				0.8400			

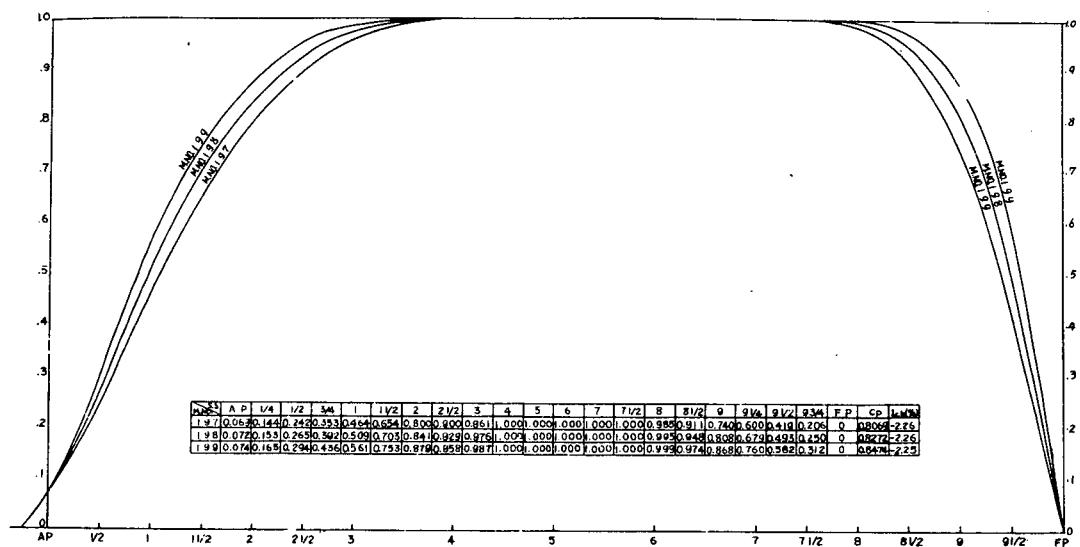
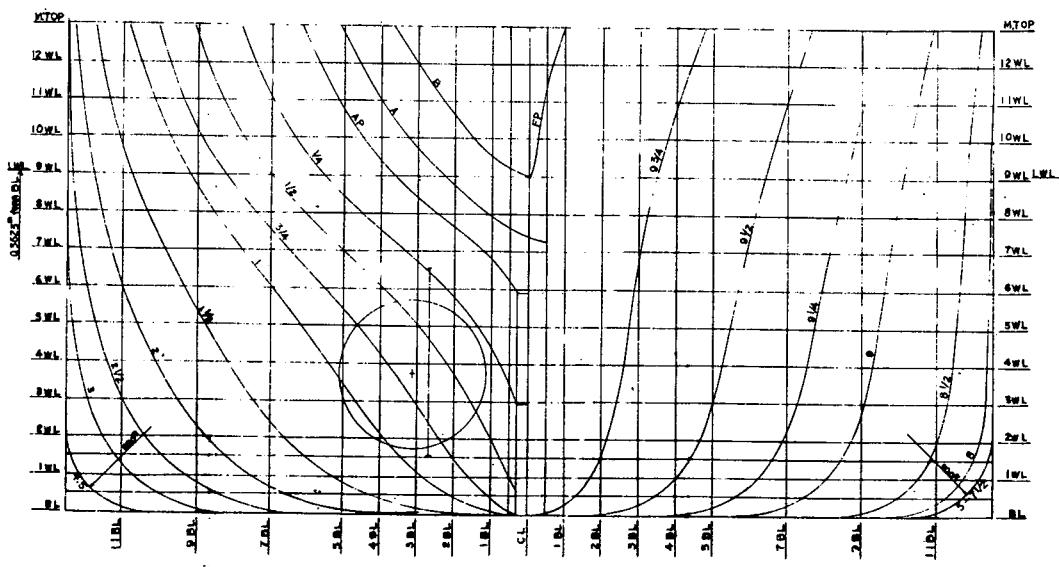


Fig. 2.1-44

M.N.O.197 (SR-61, TWIN, Cb-SERIES) BODY PLAN

$$L = 6.000", B = 1.000", d = 0.3523", C_b = 0.7992, C_p = 0.8052, C_m = 0.9904, I_{cb} = -2.25\%$$



**Fig. 2.1-45**

M.N.O.197(SR-61,TWIN,C<sub>1</sub>-SERIES) STEM & STERN CONTOUR, APPENDAGES

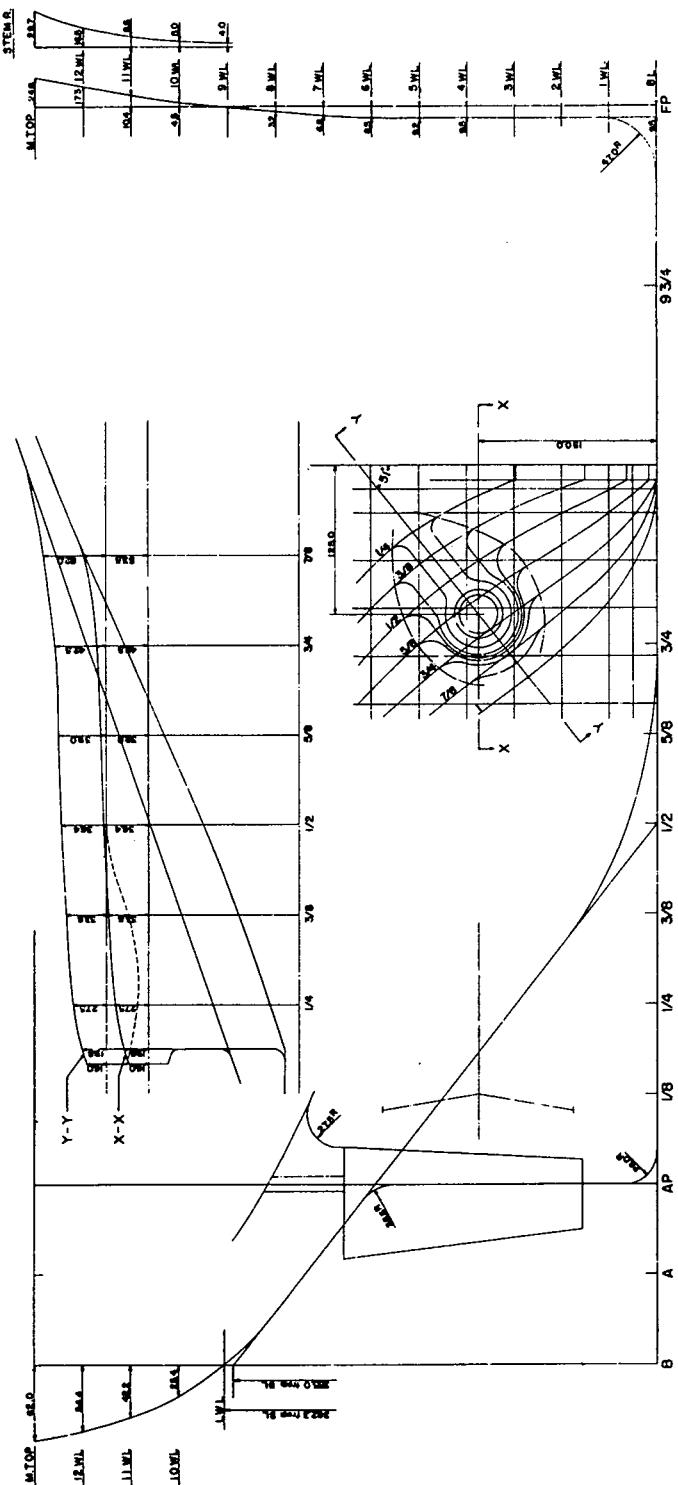
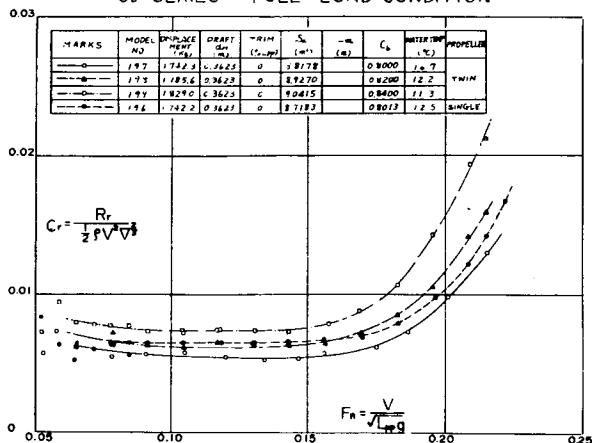
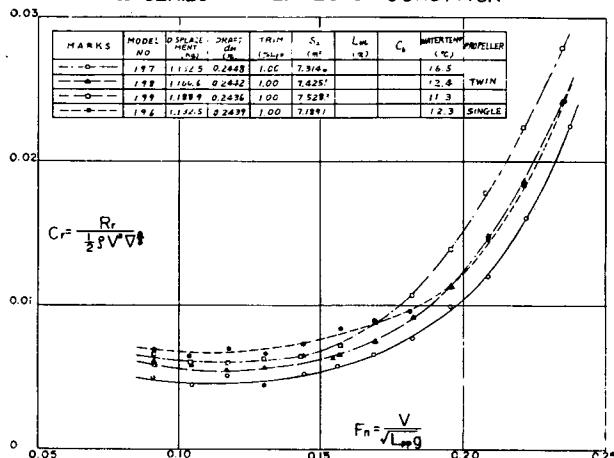


Fig. 2. 1-46

RESIDUAL RESIST. COEFF. CURVES  
Cb-SERIES FULL LOAD CONDITION



Cb-SERIES HALF LOAD CONDITION



Cb-SERIES BALLAST CONDITION

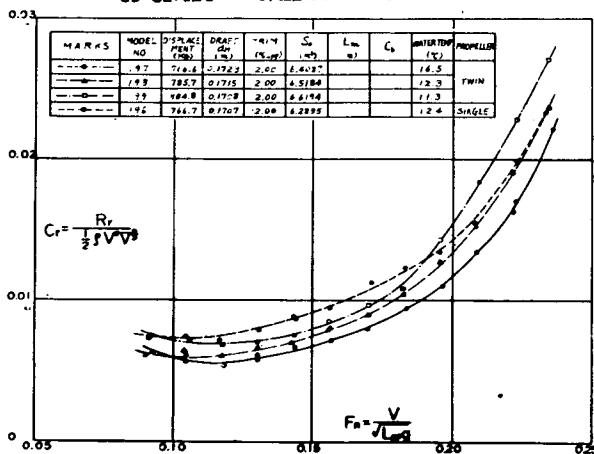


Fig. 2.1-47

RESIDUAL RESIST. COEFF. CURVES  
 $C_b = 0.82$ , NAKED HULL

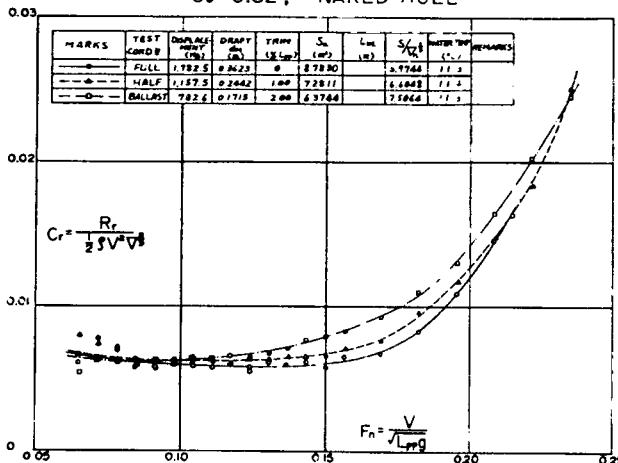


Fig. 2.1-48

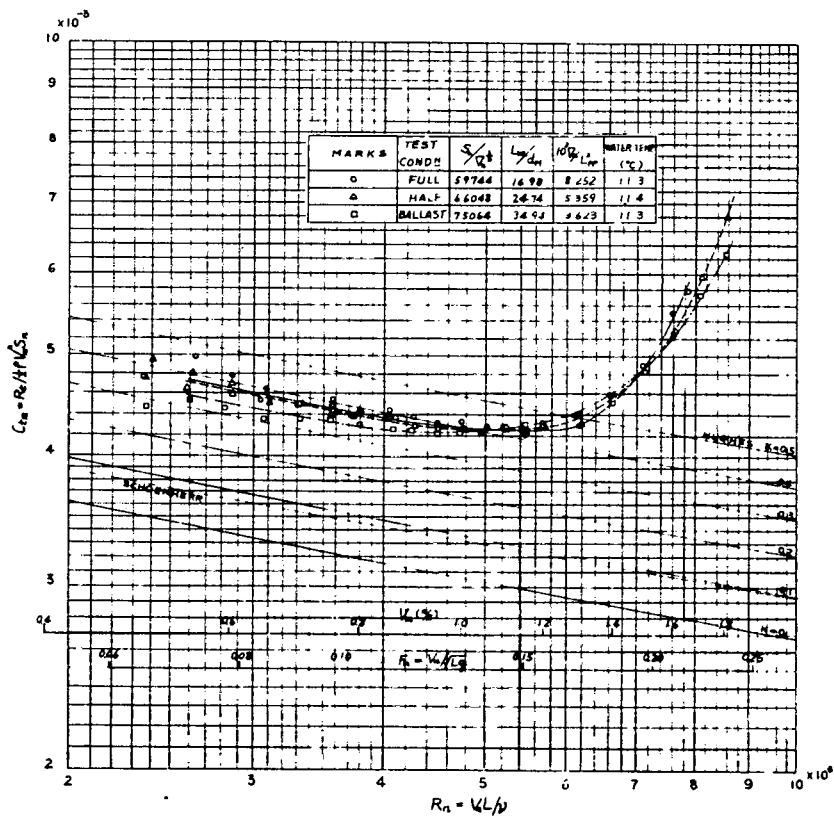


Fig. 2.1-49

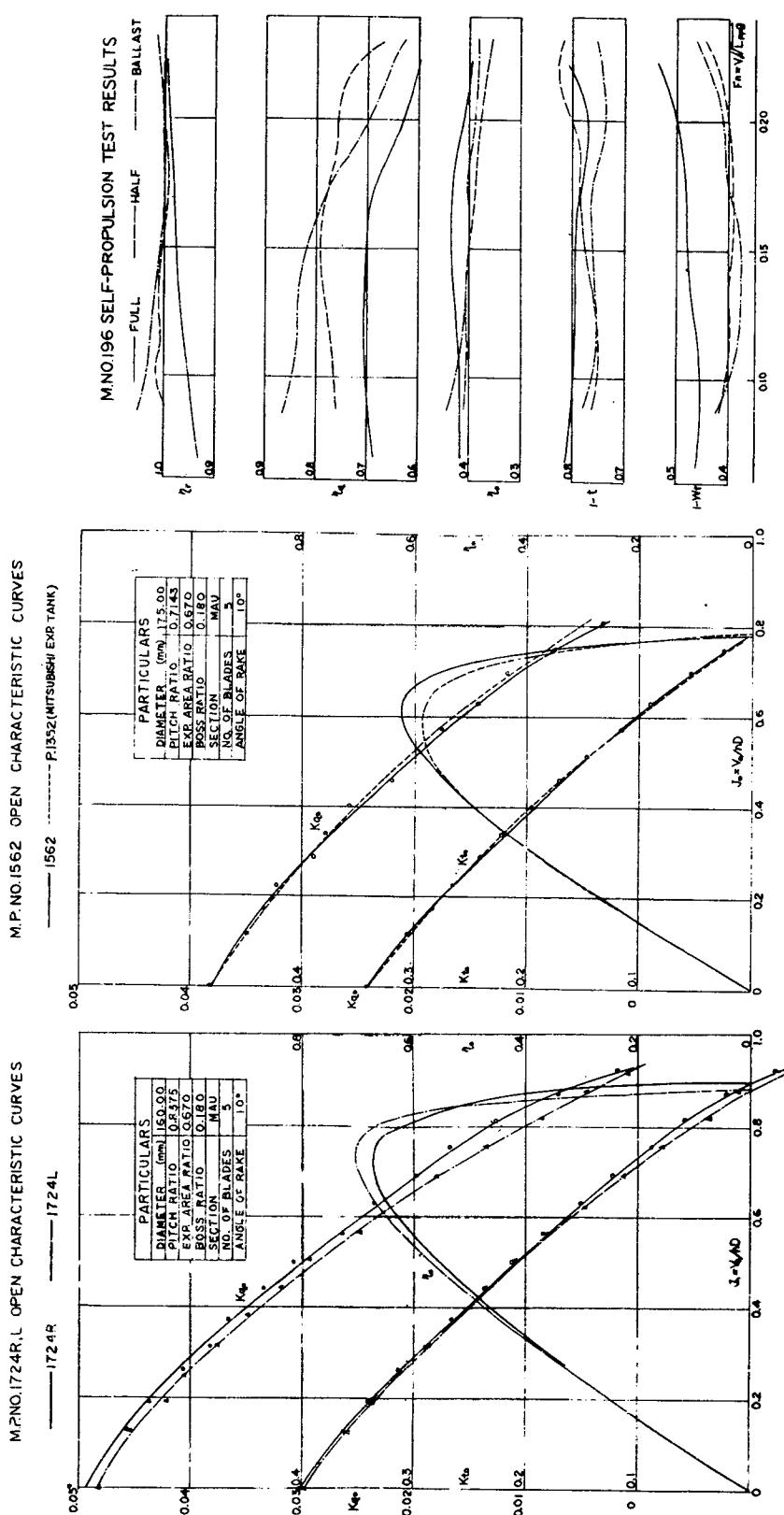


Fig. 2.1-50

Fig. 2.1-51

Fig. 2.1-53

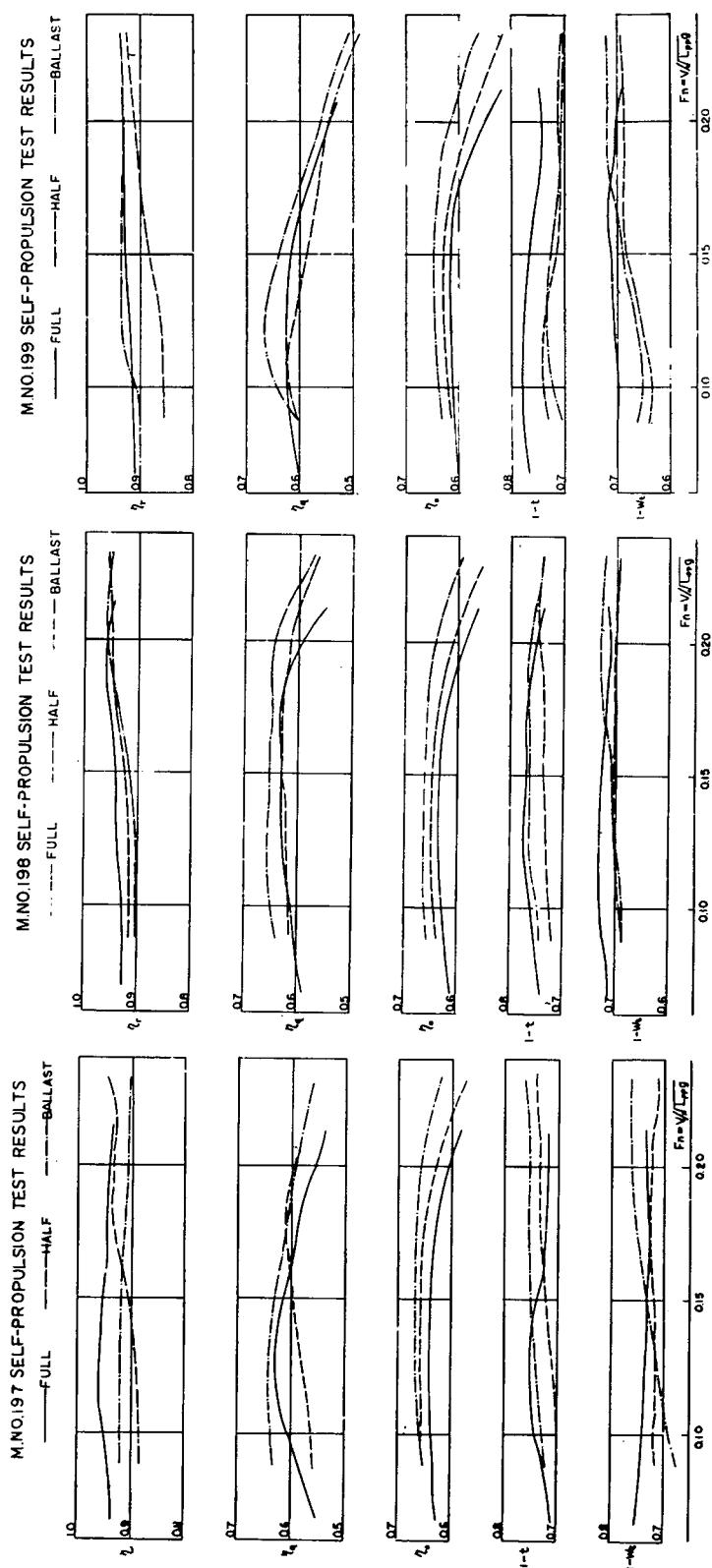


Fig. 2.1-52

### DHP ETC CURVES

M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)	M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)
		MS	EP							MS	EP				
19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392	19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392
19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232	19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232
19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072	19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072
19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352	19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352

### DHP ETC CURVES

#### FULL LOAD CONDITION

M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)	M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)
		MS	EP							MS	EP				
19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392	19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392
19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232	19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232
19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072	19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072
19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352	19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352

#### DHP ETC CURVES

#### BALLAST LOAD CONDITION

M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)	M. NO.	M. P. NO.	DRAFT (m)		AP	DP	MARKS	DISP. (ton)
		MS	EP							MS	EP				
19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392	19.6	1562	14.282	—	—	—	—	74,392
19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232	19.7	17284	14.279	—	—	—	—	74,232
19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072	19.8	17284	14.279	—	—	—	—	74,072
19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352	19.9	17284	14.279	—	—	—	—	76,352

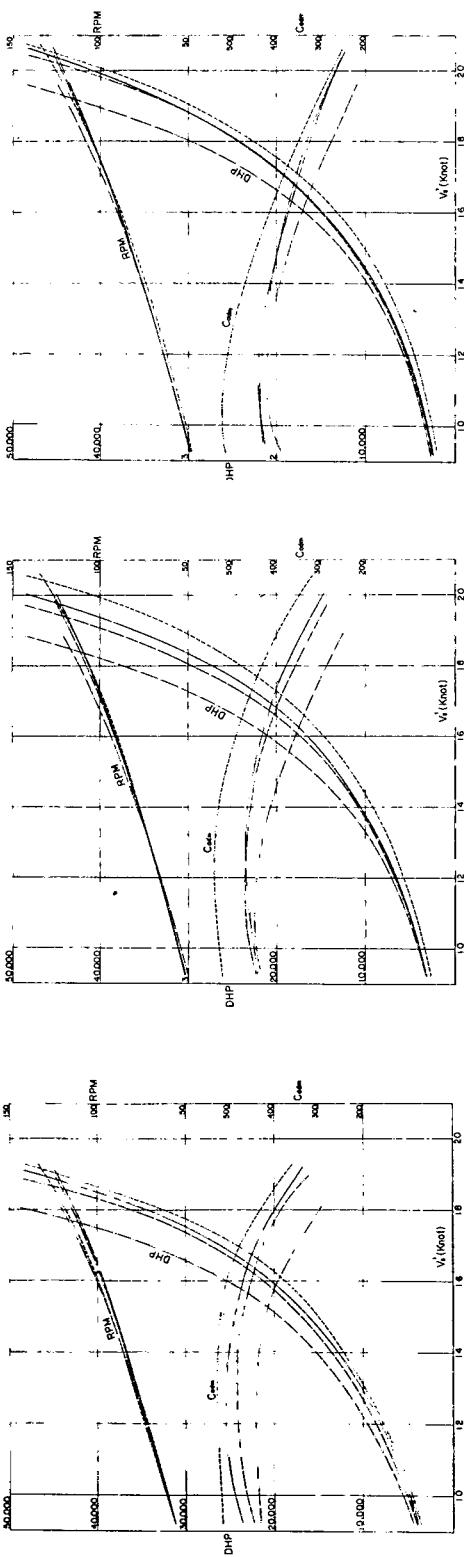


Fig. 2.1-54

### 2.1.6 1軸船推進性能の総括

以上の各系統試験結果をそれぞれ単独に切離した形にしておくことは、実際の設計資料として必ずしも便利ではなく、もっと総括的に眺めうる形にするのが望ましい場合も考えられるので、本章でこれを試みた。ただし、2軸船については数が少ないので行なわない。

#### 2.1.6.1 模型船

重複のきらいはあるが、模型船の主要目をまとめて Table 2.1-10 に、また参考のため第41研究部会のものを Table 2.1-11 に示す。本研究ではプロペラ直径が吃水に比例しているのに対し、第41研究部会では一定であることに注意されたい。

#### 2.1.6.2 整理の方針

- (1) 本研究は  $L/B$ ,  $B/d$ ,  $C_B$ ,  $lcb$  の 4 組の系統試験からなっているが、各系統の実験個数は 3 ~ 4 であるため、実験値のバラツキから系統ごとの曲線を引くことが困難なもの、あるいは明らかに常識と矛盾すると考えられる結果になるものも珍らしくない。そのため、ここでは次式により表わされる変数  $r$  の関数として整理した。

$$r = \frac{B/L}{1.3(1-C_B)+3.1lcb} \div \frac{B}{Lr}$$

$r$  の意味は幅  $B$  とプリズマティク曲線のラン部の長さ  $Lr$  の比に相当し、 $B/d$  を含まないから 2 次元的な考えに基づいている。

上式で整理すると、4 組の系統試験のうち  $B/d$  だけを副変数として扱うことになり、実験点の数が増加して平均線が引き易くなる。

ただし、造波抵抗については  $r$  の代りにエントランス部の肥大度  $r_e$  を用いる。

$$r_e = \frac{B/L}{1.3(1-C_B)-3.1lcb} \div \frac{B}{Le}$$

各模型船の  $r$ ,  $r_e$  は上の Table 2.1-10, 2.1-11 に入れてある。

- (2)  $r$  よび  $r_e$  で整理する場合、半載およびバラスト状態に対しては  $B/d$  の他にトリムが新たな副変数として性能に影響するはずである。しかしながら、本研究ではトリムが載荷状態に応じて固定されているため各状態についてトリム影響を取出すことはできない。トリムを考慮して各状態の  $r$ ,  $r_e$  を計算し、副変数を  $B/d$  だけにして満載、半載、バラストを一本の線に整理することも無理である。それゆえ、ここでは満載の  $r$ ,  $r_e$  をもって半載、バラストにも適用し、それぞれ別個に整理した。満載以外では  $B/Lr$ ,  $B/Le$  なる本来の意味を失なうことになる。
- (3) 第41研究部会に使用された船型は、対応実船の差により、プロペラ直径の相対的大きさが異なるほかは本研究のものに近く、系統試験の延長と考えてもよいので、両者を統一的に整理する方針をとった。

#### 2.1.6.3 解析および結果

##### (1) 抵抗性能

抵抗性能の整理は形状影響の考え方としたがう。ただし、影響係数  $K$  はシエンヘル式を規準とした。

### (i) 形状影響係数 $K$

最低速度の  $r_R$  から直接  $K$  を求める普通の方法は、軽荷であるほど適用が困難になる。ことに、統一的に扱かたい第41研究部会の成績は球状船首系列を除き、 $Fn$  は満載で 0.12、半載、バラストでは 0.14 以下がないので一層甚だしい。それで、次式を仮定してなるべく低速域の 2 点を選んで連立式から  $K$  を算出した。

$$C_R = KC_f + \alpha Fn^m \quad (1)$$

ここで  $C_R$  は剩余抵抗係数 ( $= Rr/1/2\rho SV^2$ ) であり、 $m$  は満載、半載、バラストの各状態についてそれぞれ 6, 5, 4 と置いた。

計算結果を Fig. 2.1-55～2.1-57 に示す。図より次のことがいえる。

- (a) 全体としては  $r$  でよく整理された感じであるが、 $lcb$  系列のみが平均線よりかなり高い値をもつ。
- (b) 一般に  $B/d$  が大きいほど  $K$  は小さい。 $B/d=2.46$  は満載では目立つが、半載、バラストになると  $B/d=2.76$  の線と区別がつかない。
- (c) 第41研究部会はすべて  $B/d=2.46$  であるがバラツキの幅は本研究よりも大きく、半載では普通型船首と球状船首とに二分された形である。またバラストでは本研究のものと明らかに差がある。これらは低速域の欠如からきた誤差であるかも知れない。

### (ii) 造波抵抗

造波抵抗は  $Fn=0.14\sim0.18$  の範囲をカバーできる程度で満足することにし、前節で求めた  $K$  を用いて改めて(1)式により上の範囲の造波抵抗係数  $\alpha$  を決定した。造波抵抗を  $Fn^m$  の項だけで近似するのはかなり手荒いやり方であるが、計算の結果は少数の例外を除いて、実用上十分な精度で  $C_R$  曲線を近似できた。

しかし、Fig. 2.1-58 にみるように

- (a) 各船型ごとの  $\alpha$  の値は大きくバラツいており、 $B/d$  による差はもちろんのこと定性的な傾向すらつかむことが困難である。
- (b) ただ第41研究部会の半載、バラストで普通型船首と球状船首とが別の群をなしており、後者の方が大きい。このことを Fig. 2.1-56～2.1-57 と対比してみると大体において  $K$  が小さいときは  $\alpha$  が大きく、またその逆も成立している。

このようにまとめが悪いのは、実験値の精度にも問題があり、同一の船型であるにも拘らず  $r_R$  にして一割程度も差のあるものがあった。しかし整理方法として本来精度の劣る低速部でまず  $K$  を決定し、この  $K$  を用いて  $\alpha$  を算出する順序にも問題がありそうである。それで、次節のように順序を逆にした解析方法を試みた。

### (iii) $K$ および $\alpha$ の修正

Fig. 2.1-58 で示したように平均値とおぼしい線を  $r_e=0$  で  $\alpha=0$  になるような直線で引き、次にこの平均線の  $\alpha$  を(1)式に代入して  $K$  を求めたものが Fig. 2.1-59～2.1-61 である。この図によると、

- (a)  $K$  のバラツキはさらに少なくなり、 $lcb$  系統も  $lcb=3.81\% F$  の一点を除き平均線にのる。半載、バラストの  $K$  は満載のものより幾分小さいが、 $r$ に対する傾きはよく似ている。
- (b)  $B/d=2.46$  系統は満載でも  $B/d=2.76$  系統と等しくなり、半載、バラストと同じ傾向を示す。しかし、 $B/d=3.06$  系統は依然として区別され、 $B/d=3.36$  はわずか一点ではあるがさらに低いから、 $B/d$  の全体の影響としてはその値が大きいほど  $K$  は小さくなる傾向をもつと考えるべきであろう。

- (c) 第41研究部会のつながりがよくなり、同じ平均線上にのる。そして、球状船首と普通型船首とにほとんど差がみられない。

など一段と整理程度がよくなつたように見える。念のため  $K$  と  $\alpha$  の平均線の値をもちいて剩余抵抗を計算し、試験結果と比較すると、少数の例外を除いてその差は 5 %以下であるから、他の要因による計測値のバラツキを考慮するならばまずまずの精度である。

この整理方法は、始めから低速部を重視せず、 $Fn=0.14 \sim 0.18$  の範囲で(1)式により  $\alpha$  と  $K$  を算出し、それぞれの平均値を  $r$ 、 $r_e$  ベースに点置して曲線化したことに相当するが、これが従来の方法に比し常によい結果を与えるものか否かはわからない。余りに平均化され過ぎて個々の特性が埋もれてしまう恐れも考えられないではない。上記球状船首の影響がほとんど現われないのもこのためかも知れない。

## (2) 自航性能

自航要素についてはフルード数による差を無視し、上と同じ範囲  $Fn=0.14 \sim 0.18$  に対する平均値をもって代表させる。Fig. 2.1-62～2.1-64 にその結果を示す。

### (i) プロペラ効率比

プロペラ効率比  $\eta_R$  のバラツキはかなり大きく、 $B/d$  の影響は判然としない。特に本研究と SR 41 では同じ  $B/d$  でありながら前者では低く、後者では高くて一貫性がない。

### (ii) 伴流係数

伴流係数  $w$  についても  $r$  で整理することは妥当のようで、大体一本の線にのるが、なお次のような点が指摘される。

- (a)  $w$  に対する  $B/d$  の影響はほとんどみられない。載貨状態については満載が小さく、半載、バラストは同程度である。
- (b) 第41研究部会は本研究よりもかなり小さくなる。この原因は主として、プロペラ直径の差によるものと思われる。 $D/d$  は本研究が 0.48 に対し、SR 41 は 0.61～0.66 であって相対的に  $D$  が大きい。参考のため、Fig. 2.1-65 に本研究と SR 98 の 4.5 m 模型の満載における伴流分布を 6 m 模型に換算し、 $D/d$  による公称伴流値を計算した結果を示す。本研究と SR 41 の差をほぼ説明している。
- (c)  $w$  の平均線を直線で引いたが、これは次第に飽和状態に近づくべきものであろう。半載、バラストでは  $r$  の大きな範囲ですでにそのような傾向がうかがわれる。参考のため、本研究の模型船を原型とし、後半部のみを縮めて  $r$  を大きくした 2 隻の船に対する結果を Fig.

2.1-66 に示した。

(iii) 推力減少率

本研究において船研の試験と三菱の試験とではプロペラ位置が異り、後者が 7.6 mm 後方である。この影響を M. No. 1592 について調査した結果、 $\eta_R$ ,  $w$  はほとんど変りなく、推力減少率  $t$  は約 0.03 小さくなった。また、一般に三菱の結果は船研の結果より  $t$  が小さい。このことを考慮して三菱の結果にはすべて 0.03 加えた。ただ一つの試験例からこのような方法をとることは少々乱暴であるが、結果的にはまとまりがよくなり、全体を一本の直線で表わし得る。 $w$  と同様  $B/d$  の影響ははっきりせず、また載貨状態による差もほとんどない。

#### 2.1.6.4 まとめ

以上の結果を式でまとめると次のようになる。

$B/d = 2.46, 2.76$  に対しては

$$K_F = 1.8r^4 + 0.21, \quad K_H = 1.8r^4 + 0.20, \quad K_B = 1.8r^4 + 0.16$$

$B/d = 3.06$  はこれから 0.025 減ずる。

$$\alpha_F = 0.12r_c \times 10^2, \quad \alpha_H = 0.33r_c \times 10, \quad \alpha_B = 0.8r_c$$

$$w_F = 0.75r + 0.13, \quad w_{H, B} = 0.75r + 0.20$$

$$t_F, H, B = 0.15r + 0.14$$

(注)  $F$  は満載、 $H$  は半載、 $B$  はバラストを意味する。

Table 2.1-10

Table 2.1-11

M・N <sub>A</sub>	C <sub>B</sub>	L <sub>B</sub>	B/d	B/d	D (m)	r	r <sub>e</sub>	実験所	備考
1725	0.802	6.00	2.76	1.50	1.75	0.548	0.790	船研	
1726	"	3.06	"	1.58	"	"	"		
1727	5.75	2.76	"	1.83	0.572	0.825	"		
1728	"	3.06	"	1.65	"	"	"		
1729	"	5.50	2.76	"	1.91	0.598	0.862	"	
1730	"	3.06	"	1.72	"	"	"		
1753	"	2.46	"	2.14	"	"	"		
1754	5.75	"	"	2.05	0.572	0.825	"		
1755	"	6.00	"	1.96	0.548	0.790	"		
1937	"	3.36	"	1.44	"	"	"		
1938	0.781	5.50	2.76	1.47	1.91	0.549	0.763	"	D=172でも実験を実施
1939	"	5.06	"	1.72	"	"	"		
1591	0.781	6.00	2.76	1.47	1.75	0.505	0.698	三菱	
1592	0.802	"	"	1.49	"	0.549	0.789	"	M・N <sub>A</sub> 1725と同一船
1593	0.822	"	"	1.52	"	0.597	0.902	"	
1594	0.839	"	"	1.55	"	0.649	1.037	"	
1657	0.622	5.50	3.06	1.52	1.72	0.652	0.984	"	
1658	"	"	2.76	"	1.91	"	"		
1659	"	5.75	3.06	"	1.65	0.623	0.941	"	
1660	"	"	2.76	"	1.83	"	"		
1661	"	6.00	3.06	"	1.58	0.597	0.902	"	
1751	0.802	"	2.76	2.26	1.75	0.508	0.887	"	
1752	"	"	"	3.02	"	0.475	1.016	"	
1753	"	"	"	3.81	"	0.443	1.191	"	
196	0.602	6.00	2.76	2.26	1.75	0.508	0.885	防衛厅	M・N <sub>A</sub> 1751と同一船

注: Dはプロペラ直径

半艤状態は満載状態の65%排水量で1号船尾トリム  
バラスト状態は満載状態の44%排水量で2号船尾トリム

Normal Bow Series									
M・N <sub>A</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>B</sub>	L <sub>B</sub>	B/d	L <sub>CB</sub> (%)	D (m)	r	r <sub>e</sub>	実験所
11188	0.800	7.00	2.46	1.53	2.11	0.465	0.672	船研	
11189	"	7.20	"	"	"	0.452	0.653	"	
11190	"	7.60	"	"	"	0.428	0.619	"	
11191	"	7.34	"	"	"	0.443	0.641	"	U型船首
11192	"	"	"	"	"	"	"	"	V型船首
11193	"	"	"	"	"	"	"	"	V型船尾
13521	"	"	"	"	"	"	"	"	
13522	0.821	7.00	"	"	"	"	0.510	0.771	"
13523	"	7.20	"	"	"	"	0.496	0.750	"
13524	"	7.34	"	"	"	"	0.486	0.735	"
13525	"	7.60	"	"	"	"	0.470	0.710	"
13526	0.800	7.34	"	"	"	"	0.442	0.644	CP曲線変化
13527	"	"	"	"	"	"	1.55	"	"
1328	0.821	"	"	"	"	"	1.59	"	0.483
1329	"	"	"	"	"	"	"	"	0.743
1330	"	"	"	"	"	"	0.49	"	0.549
1331	"	"	"	"	"	"	2.49	"	0.440
1332	"	"	"	"	"	"	3.54	"	0.398
Bulbous Bow Series									
M・N <sub>A</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>B</sub>	L <sub>B</sub>	B/d	L <sub>CB</sub> (%)	D (m)	r	r <sub>e</sub>	実験所
1340	0.799	7.60	2.46	1.57	2.11	0.424	0.619	三井	
1341	"	7.54	"	"	"	"	0.439	0.641	"
1342	"	7.20	"	"	"	"	0.448	0.654	"
1343	"	7.00	"	"	"	"	0.461	0.672	"
1378	0.800	7.34	"	"	"	"	0.437	0.652	CP曲線変化
1379	0.799	"	"	"	"	"	0.441	0.637	"
1404	0.820	"	"	"	"	"	0.484	0.730	"
1405	0.819	"	"	"	"	"	0.536	0.628	"
1406	"	"	"	"	"	"	2.53	"	0.435
1407	0.820	"	"	"	"	"	3.60	"	0.395
1408	"	"	"	"	"	"	1.56	"	0.482
1409	"	"	"	"	"	"	1.48	"	0.486

注: 半艤、バラスト状態は本研究と同じ

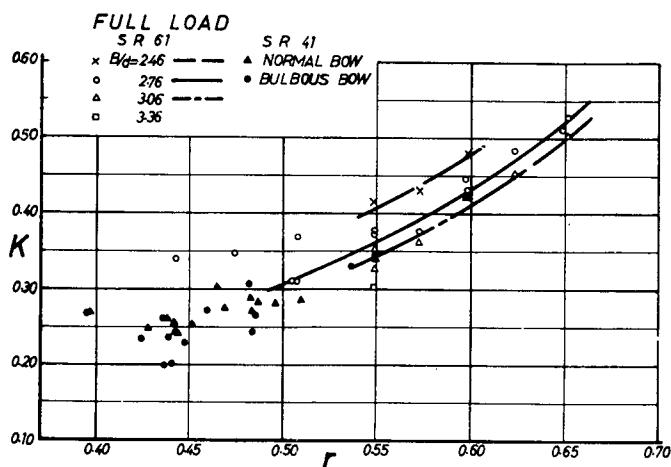


Fig. 2.1-55

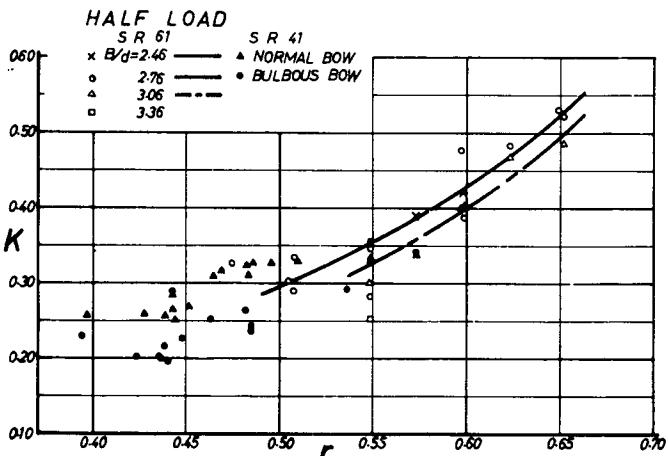


Fig. 2.1-56

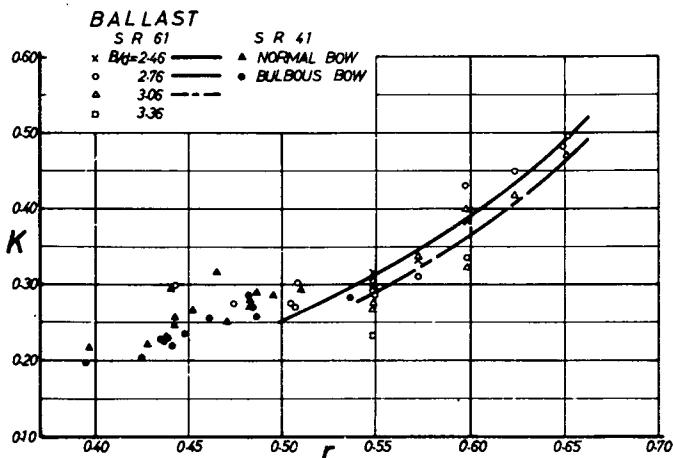


Fig. 2.1-57

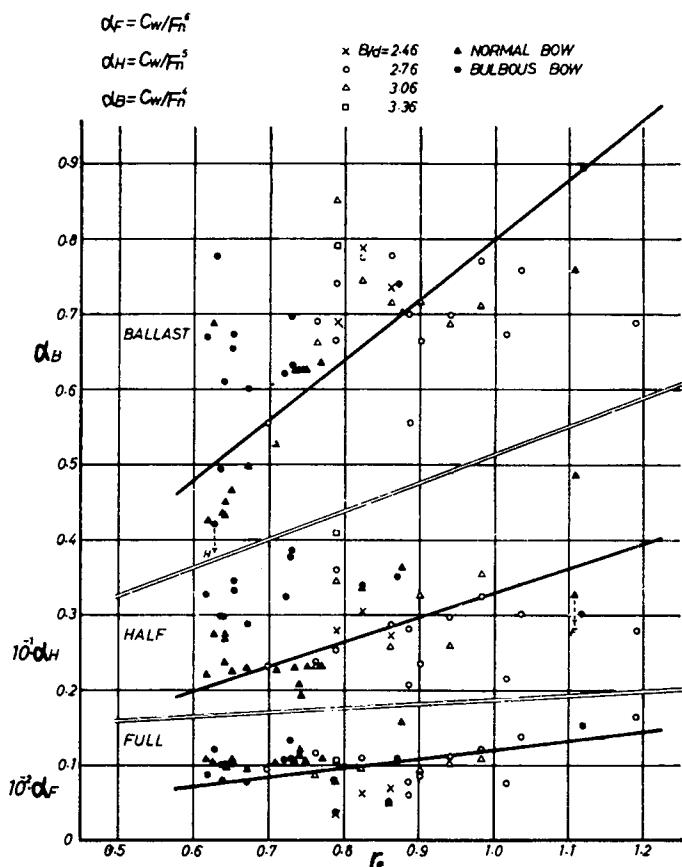


Fig. 2.1-58

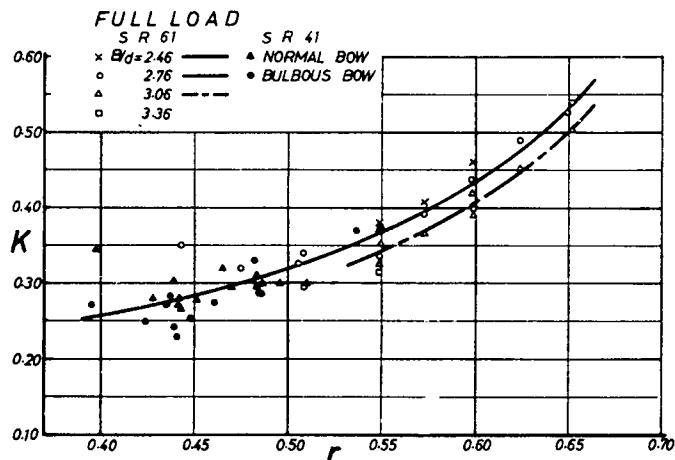


Fig. 2.1-59

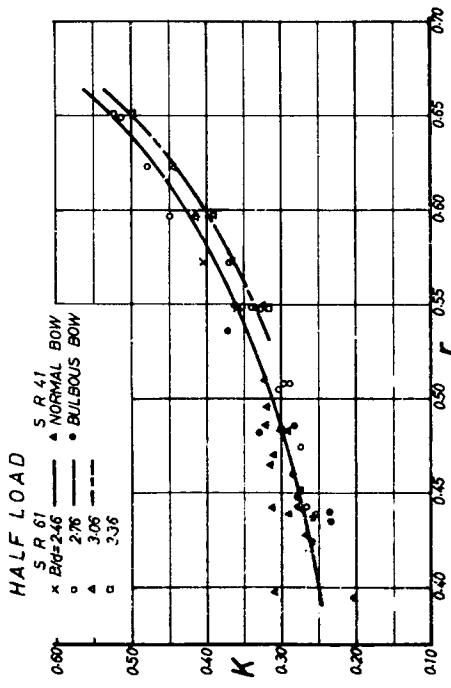


Fig. 2.1-60

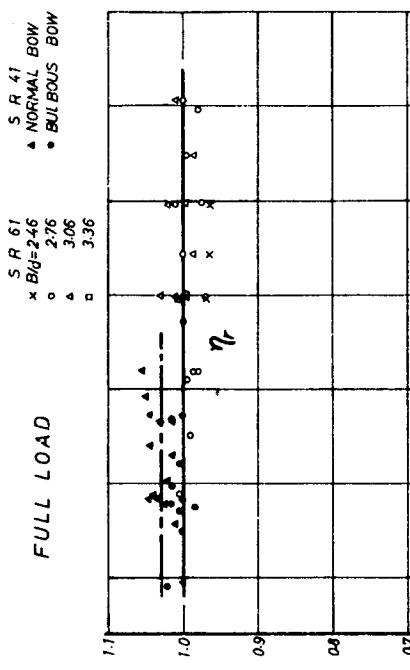


Fig. 2.1-61

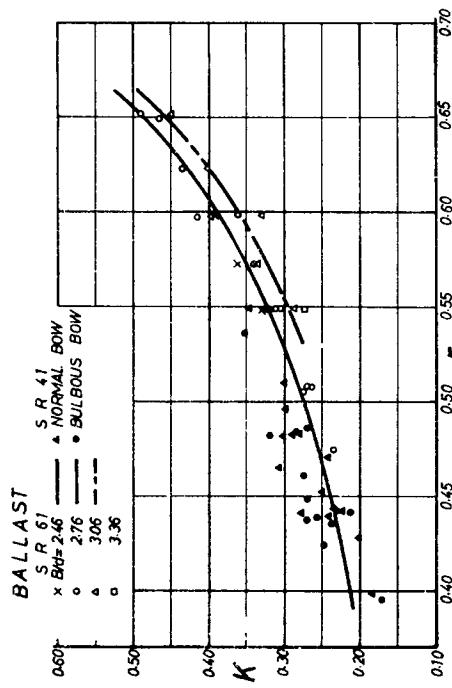


Fig. 2.1-61

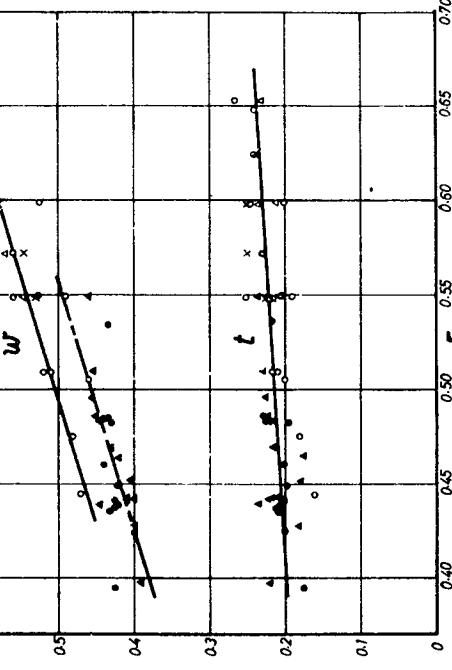


Fig. 2.1-62

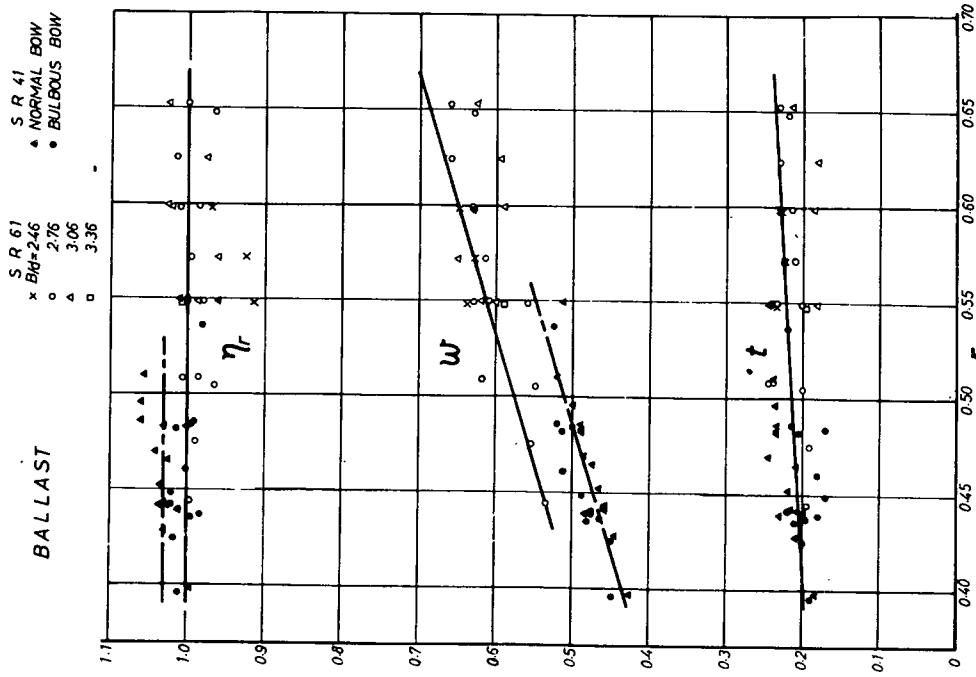


Fig. 2.1-64

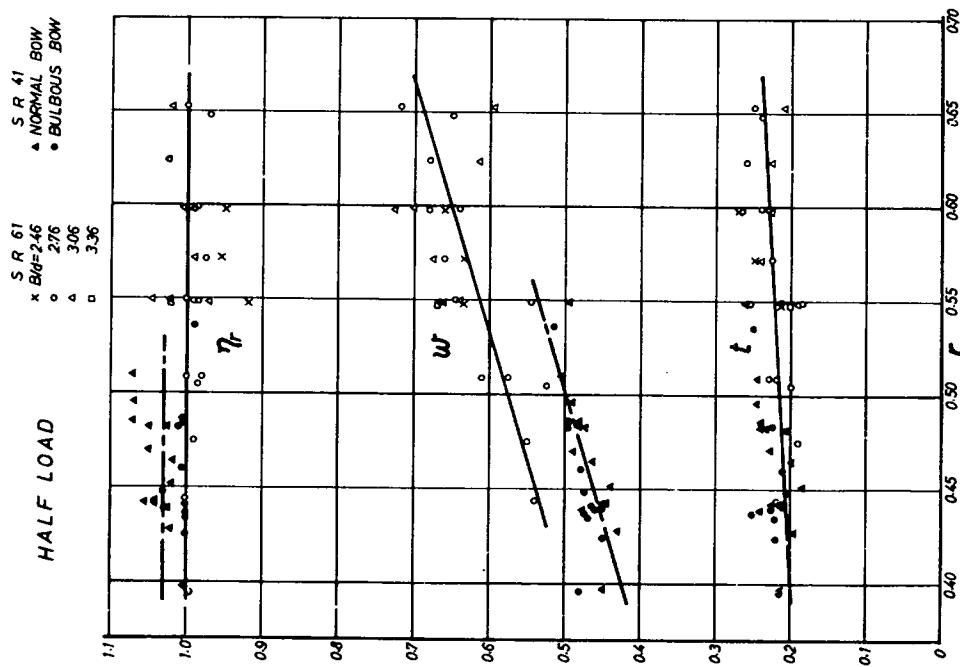


Fig. 2.1-63

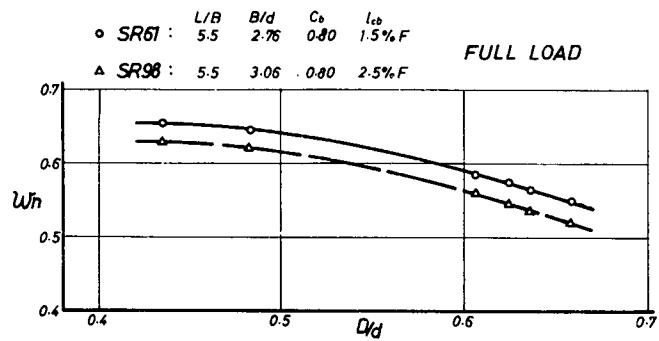


Fig. 2.1-65

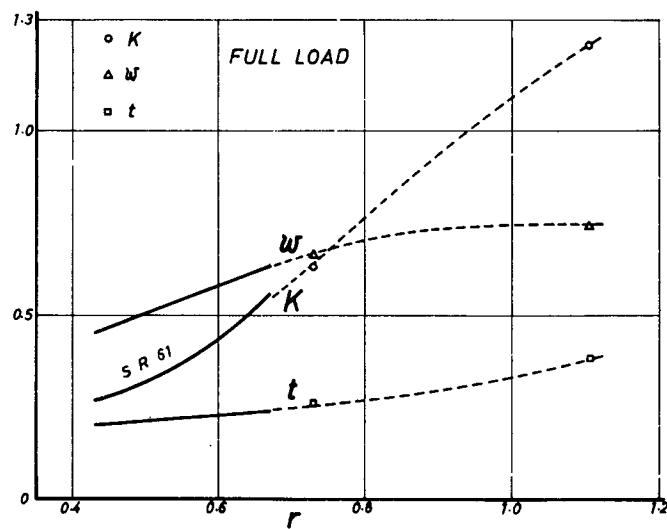


Fig. 2.1-66

## 2. 2 波浪中模型試験

### 2.2.1 模型船および模型プロペラ

試験に使用した模型船（長さ4.5m）は、平水中の系統的試験に使用された母型（U. M. No. 1752）と相似であって、その主要寸法等を Table 2.2-1 に示し、その正面線図および船首尾形状を Fig. 2.2-1 に示す。満載吃水線より上方の形状は第41研究部会報告中の Fig. 2.2-2～2.2-22 を参照し、適当にきめた。模型プロペラは上記模型船と同じく 6 m 模型船用の U. P. No. 1562 と相似であって、その要目は Table 2.2-1 中に示した。

### 2.2.2 波

試験を行なった波の長さ  $L_w$  は、模型船の長さ  $L_{PP}$  の 50, 75, 100, 125, 150, 200 および 250% の 7 種類で、波高  $H_w$  は全波長を通じて約 0.11 m の一定とした。

### 2.2.3 測定量および測定方法

上記模型船を規則波中にて自航させ、その間に船体運動、プロペラのスラスト、トルクなどを測定した。測定量および測定方法は Table 2.2-2 に示す。なお本試験では摩擦修正は行なわず、模型船の自航点で試験した。

### 2.2.4 試験結果およびそれに対する考察

船体運動の測定結果を Fig. 2.2-2 に、同調率  $\lambda_P = T_{P0}/T_E$  を横軸にとったものを Fig. 2.2-3 に、船首、船体中央、船尾における加速度の測定結果を Fig. 2.2-4 に示す。

回転数、トルクおよびスラストの測定結果を Fig. 2.2-5 に、これに基づいて算定した自航要素を Fig. 2.2-6 に示す。ただし解析には U. P. No. 1562 推進器単独試験成績を使用した。

また、同調率  $\lambda_P$  を横軸に、スラストなどの平水中の値からの増加量を示したもののが Fig. 2.2-7 である。

得られた試験結果を第41研究部会報告の波浪中試験結果と比較してみると、船体運動には大きな差異は認められないが、スラスト、トルクおよび回転数の増加は著しい。これは本船のごとく船長に比べて船幅の大きい船型では当然とも思われるが、自航要素の成績などに今後確認を要する疑問の点が若干みられる。

Table 2.2-1 PARTICULARS OF MODEL SHIP AND PROPELLER

MODEL SHIP	
MODEL No.	B. M. No. 150
LENGTH, $L_{PP}$	4.500 m
BREADTH, $B$	0.7500 m
DEPTH, $D$	0.3760 m
DRAFT, $d$	0.2717 m
DISPLACEMENT, $\nabla$	0.7360 m <sup>3</sup>
WETTED SURFACE, $S$	4.957 m <sup>2</sup>
$\nabla/L^3 \times 10^3$	7.4997
$C_B$	0.802
$C_W$	0.8752
$C_M$	0.9904
$lcb$ (% $L_{PP}$ FROM F. P.)	-48.509
HEIGHT OF BOW CHOCK FROM LOAD W. L. AT BOW, $f$	0.2223 m
RADIUS OF GYRATION (IN AIR) $K_a$	0.25 $L_{PP}$
NATURAL PITCHING PERIOD, $T_{PO}$	1.32 sec.
MODEL PROPELLER	
PROPELLER No.	85
DIAMETER, $D$	0.13125 m
PITCH RATIO, $H/D$	0.714
EXP. AREA RATIO, $A_p$	0.67
BOSS RATIO, $d/D$	0.180
BLADE THICKNESS RATIO, $t/D$	0.050
NUMBER OF BLADES	5
BLADE SECTION	MAU-TYPE

Table 2.2-2 ITEM AND METHOD OF MEASUREMENT

測定量	記号	単位	測定方法
模型船の速度	$V_M$	m/s	模型船曳引車台の速度に、車台と模型船の相対速度の修正を行なって求める。
上下揺れ	$Z$	m	凌波試験用ガイドに取り付けたポテンショ・メータにより
縦揺れ	$\varphi$	deg.	電磁オッショロに記録する。
前後揺れ	$x$	m	
船首加速度	$a_F$	g	F.P., Midship および A.P. に取り付けた抵抗線歪計式加
船体中央加速度	$a_M$	g	速度計により電磁オッショロに記録する。
船尾加速度	$a_A$	g	
プロペラ・スラスト	$T$	kg	ISD 式自航試験機により KR 式自記電流計に記録する。
プロペラ・トルク	$Q$	kg-m	
プロペラ回転数	$N$	1/s	電磁式回転計により計数器カウンタに表示する。
波高	$H_W$	m	曳引車台上に設置したソニック式波高計により電磁オッショロに記録する。
出合周期	$T_E$	s	
波周期	$T_W$	s	造波機10サイクルをストップ・ウォッチで計測し、平均値を求める。

波高以外の振動量はいずれも片振幅を示す、すなわち

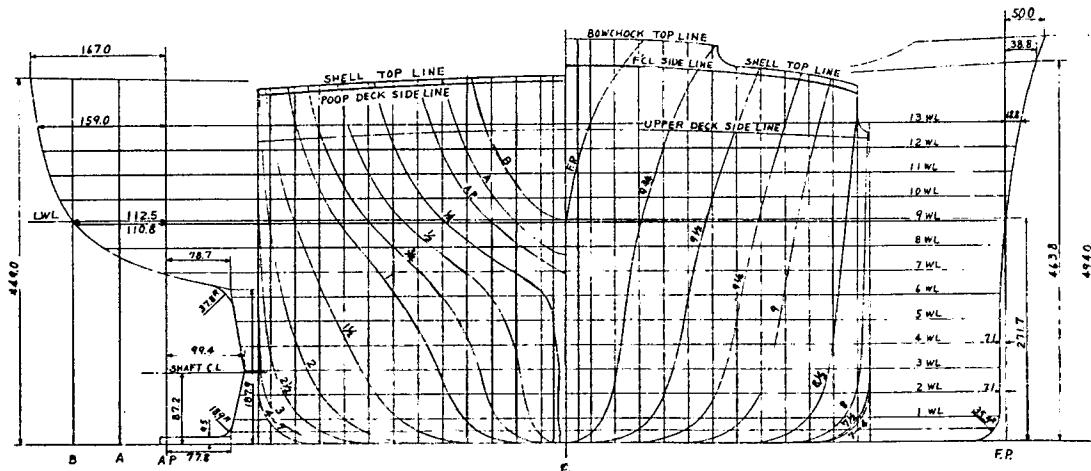
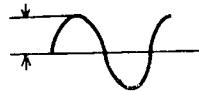


Fig. 2.2-1 B. M. No. 150

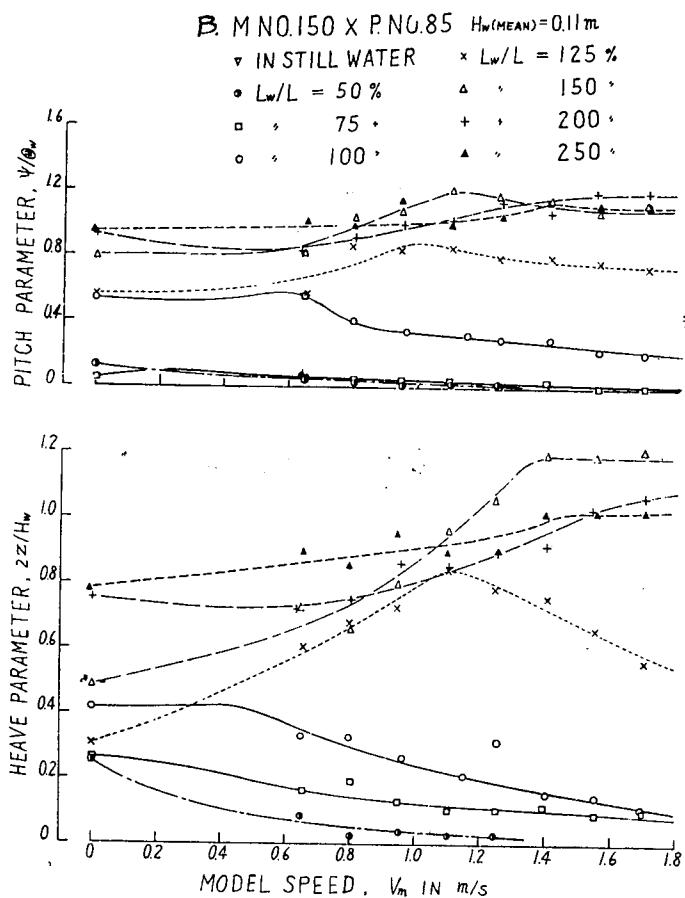


Fig. 2. 2-2 MODEL TEST RESULTS IN WAVES (HULL MOTION, 1)

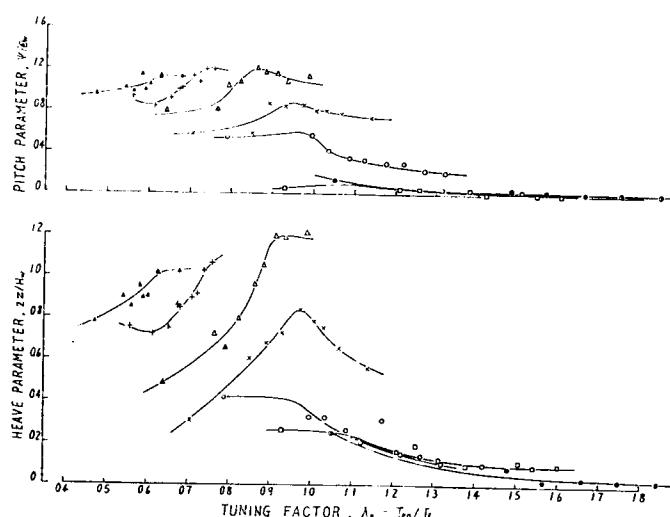


Fig. 2. 2-3 MODEL TEST RESULTS IN WAVES (HULL MOTION, 2)

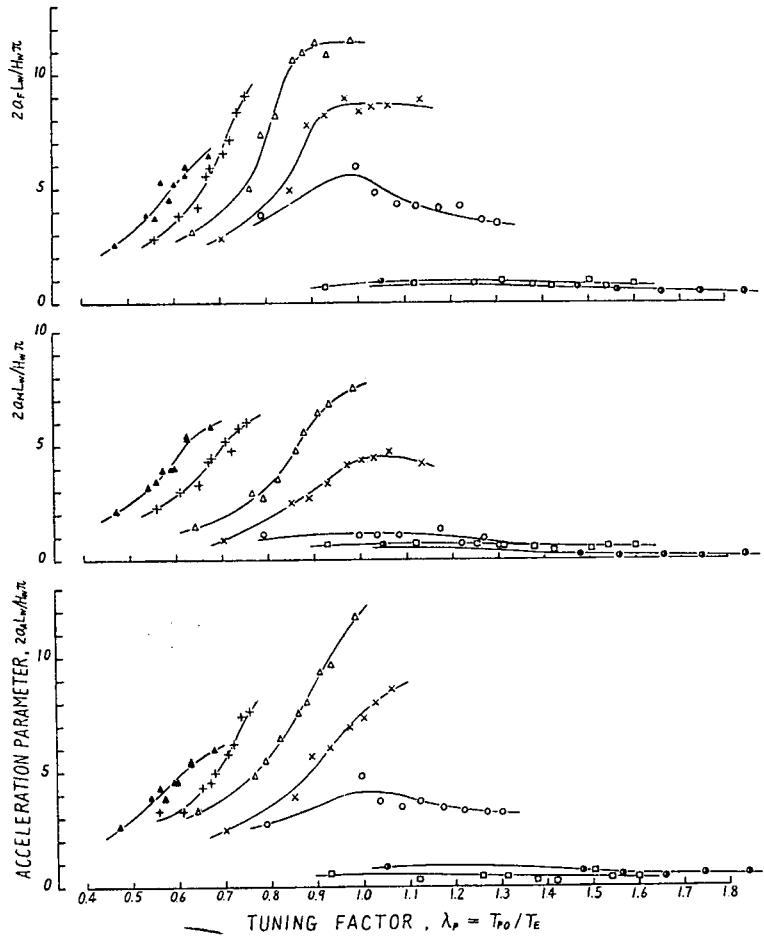


Fig. 2.2-4 MODEL TEST RESULTS IN WAVES  
(ACCELERATION OF BOW, MIDSCHIP  
AND STERN)

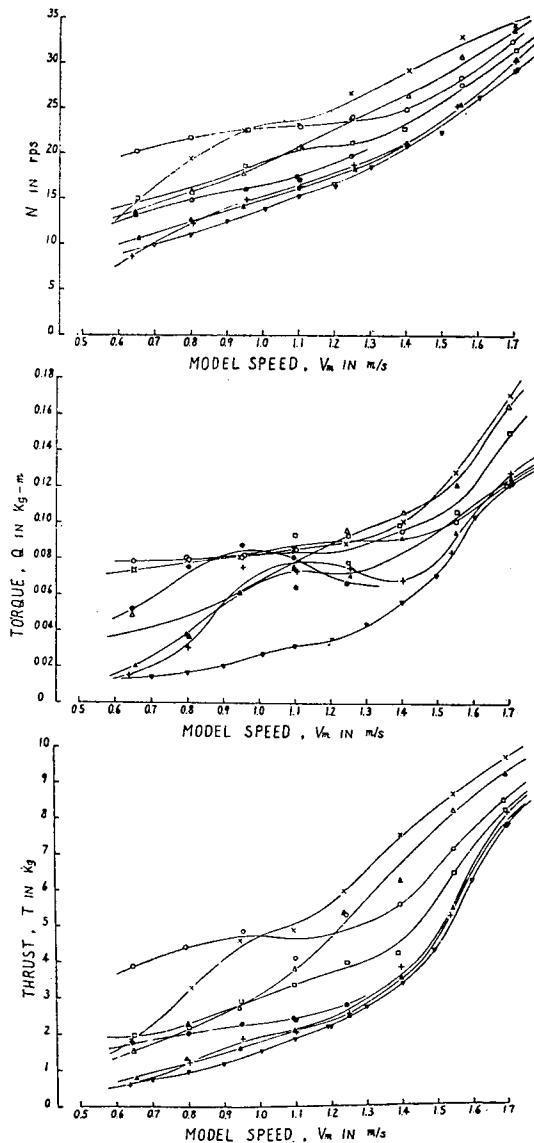


Fig. 2, 2-5 SELF PROPULSION TEST RESULTS IN WAVES

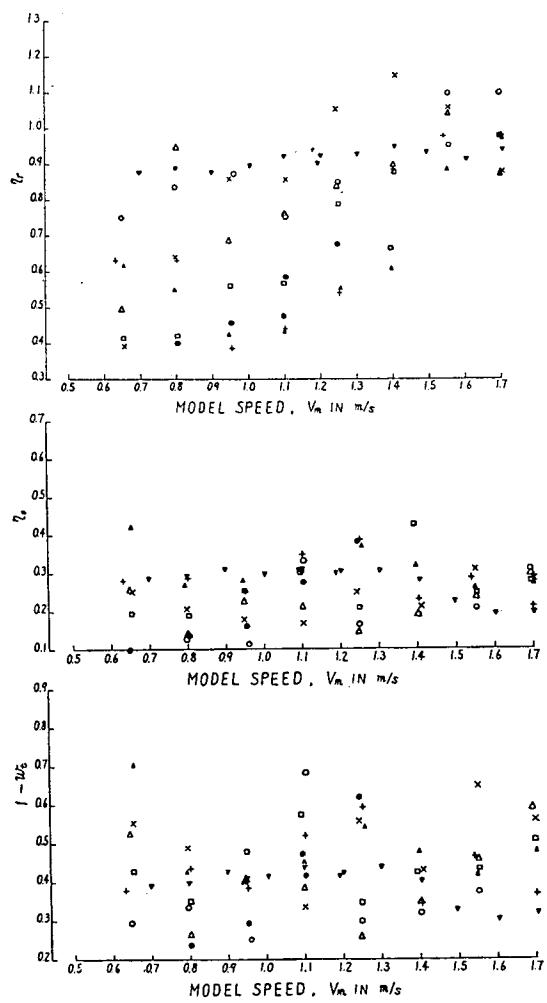


Fig. 2, 2-6 PROPULSION FACTORS

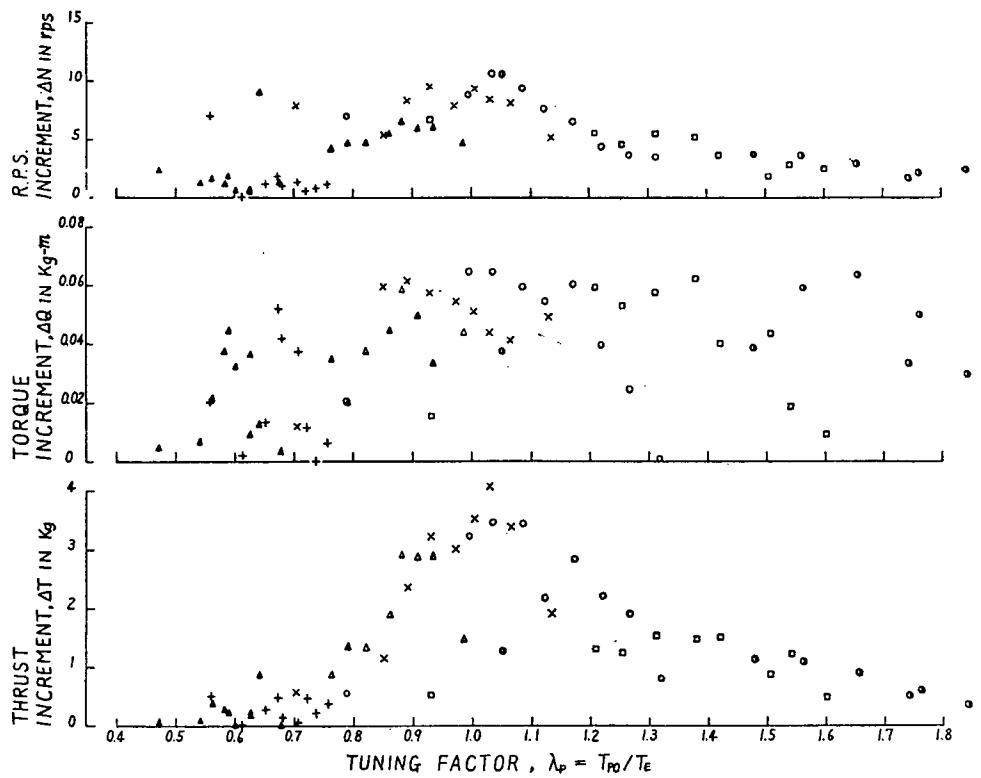


Fig. 2.2-7 INCREMENT OF THRUST, TORQUE, R.P.S. IN WAVES

## 2.3 肥大船まわりの流線に関する試験

### 2.3.1 目的

本部会で取上げた船型は、既存の船型に比べ  $C_B$  はほぼ同程度であるが、 $L/B$  が著しく小さく、そのため船尾付近の流れに剥離を生ずるおそれがある。今日剥離に関する知識はきわめて不十分であるが、常識にしたがえば剥離抵抗は尺度影響をほとんど受けないと考えられるので、模型と実船との相関はその影響をうけて従前とは異なったものになるであろう。したがって剥離現象に気付くことなく不用意に推定すれば、実船の抵抗は過少に評価される危険が考えられる。また伴流の尺度影響を考慮するのにも剥離の存在は見逃がすことができないはずである。それゆえ、この種の肥大船型に対しては剥離の有無およびその範囲などを検知する必要がある。

検知方法としては、抵抗試験を系統的に行なっているので、剥離による抵抗急増により判定する方法も考えられないではないが、もともと非常に肥大した船型であるため剥離はなくともすでに大きな形状影響があり、剥離が始まるとても飛躍的な抵抗増を示すことにはならないであろう。そこでどうしても直接的に剥離の存在を知る方法が望ましい。本試験はこの目的のために実施するとともにあわせて極端に肥大した場合の結果を実船に応用する際当然問題となり、しかも単なる実験によっては知り得ない伴流の尺度影響について考察した。本章では主として剥離発生の有無を対象として行なった研究について述べてあり、断定はしないまでも何となく剥離ではないかのような印象を与えるであろう。これ

は担当者が二次元剥離の概念をもって対処したことに原因する。しかしながら本報告が作成されつつある現在においては、肥大船船尾の流れは各舷1個の三次元剥離による渦を含むものであるとみる意見が有力であり、本章に述べられた渦の部分がこの意見にしたがえばもっとすっきりしたものになることを読者も認められるであろう。本文を新しく書換えることも考えられぬではないが、進歩の過程の例として当時のままに残しておくことも無意味ではあるまい。ご諒承を願う次第である。

なお、三次元剥離渦としての解釈については、昭和43年6月に開催された日本造船学会の抵抗、推進シンポジウムのテキストを参照されたい。

### 2.3.2 試験の種類

試験は第1次と第2次に分れており、第1次試験においては幅の変化が船尾付近の流場に及ぼす影響を調査し、第2次試験では第1次試験に使用した船型のうち最も広幅のものを原型とし、これより船首、船尾部が若干変わった場合の船体まわりの流場の変化を調べた。

### 2.3.3 使用模型船および模型プロペラ

使用した模型船は4.5m木製で、乱流促進のためS.S. No.9<sup>1/2</sup>の位置に高さ2mmのスタッドを1cm間隔に植えた。第1次試験に使用した模型船は旋回操縦性試験に使用済のもので、 $C_B=0.80$ ,  $lcb=-1.5\%$ ,  $B/d=2.76$ ,  $L/B$ を7.0, 6.5, 6.0, 5.5に変えた4隻で、その要目はTable 2.3-1に示すとおりである。また第2次試験では上記の試験に使用した $L/B=5.5$ を原型とし、この模型船の前後半分を切り離し、この前半部をV型および船尾バルブ付に変えた船尾部と組合せ、また原型の後半部を丸いV型およびこれをさらに丸くした前半部と組合せた5隻の模型船を使用した。これら模型船の正面線図および側面図をFig. 2.3-1に示す。

模型プロペラは第1次試験ではTable 2.3-1に示すものを使用し、第2次試験では $L/B=5.5$ の場合のものを使用した。

### 2.3.3.1 第1次試験

#### 2.3.3.1.1 試験の方法

次の2種類の方法を用いた。

(i) 模型船の後部において、船体表面上ならびに適当な距離だけはなれた数箇所の位置の流線の方向を糸により観測する。糸の付け根は糸の剛性が影響しないように十分注意してあり、予備実験によると0.1m/sec程度の流速でも正直にその方向を示した。

観測方法は模型船の側方に小形の観測ポートを曳航し、ポート内に光源と鏡を備えて、肉眼あるいは写真撮影を可能とした。写真は16mmカラーフィルムを併用した。

(ii) ピトー管を櫛形に並べた装置により模型船後部の流速を計測し、流速分布の形状により剥離を判定する。ピトー管はプラントル型で軸方向から15°程度の偏差までは読みに影響しない。しかしピトー管の外径は6mmであるから、船体にあまり近くなった場合の読みには相当の影響が入っていると思われるが、特に修正を施さなかった。

#### 2.3.3.2 試験の結果と考察

##### (1) 糸による流線観測結果

Fig. 2.3-2 は  $L/B=6.5, 5.5$  の 2 隻について糸で観測した流水の方向を示す。前進時船体表面から 0 mm, 20 mm の場所と後進時は 20 mm の場所のもので、推進器は装着していない。

これをみると、いづれも S.S. No.  $1/4$  および  $1/2$  で糸の垂れが相当に目立ってくるが、 $L/B=5.5$  のボス付近を除いては特に剥離と断定できる領域がない。斜め後方に垂れているのは後述するように流れの方向がそうなっているのであって、剥離のための糸の動搖によるものではない。掲載を省略した他の模型船においても事情は同一である。

この結果で最も意外に感じるのは、 $L/B$  の大幅な変化にもかかわらず目立った相違がなく、予期したような剥離的現象がほとんど見られないことである。剥離の判定については次節に触れるよう速断は許されないが、模型船間の差がこれほど少なくては、この観測方法によって何等かの結論を引き出すことは困難である。

## (2) ピトー管による流速計測結果

### (i) 船尾境界層内速度分布

船尾の境界層は次項に示すようにきわめて特異な形状を持ち、推進器軸の高さの位置で厚さが急にふくらんだ形をしている。もし境界層が剥離を起しているとすれば、この付近の流れに最も疑いをかけてよいであろう。

Fig. 2.3-3 の上の 2 つの図は  $L/B=5.5$  のもので、推進器軸の直上にあたる 10 cm WL と軸より約 3.5 cm 下の 6 cm WL における速度分布を示す。外板に近い位置の計測値には前節に述べたように多少の不正確さを含むおそれがあるが、大体の様子は察することができる。最も剥離らしいのは 6 cm WL の S.S. No.  $5/8$ あたりで、壁面近くでは少しく逆流がありそうに見える。しかしこの剥離域はきわめて小さく、S.S. No.  $3/8, 1/4$ になると流れは外板に再接触しているかのようで、参考書に書かれているような死水領域を示さない。10 cm WL では、一見剥離らしい分布が全く見られない。この例のように非常に肥大した船型においても剥離がほとんど起っていないとすることは、普通の常識からは想像しがたいものであって、これによると図のような分布でも流力的には  $\tau_0=0$  なる剥離条件にかなっているのかも知れない。参考のために Stratford の理論によると、乱流剥離点の速度分布に対し、彼は

$$u \propto y^{1/2}$$

なる関係を与えている。これが正しいとすれば壁面近くの分布が凸型であっても剥離でないとはいえない。しかし上式のとおりとすると

$$\tau_0 = \mu (\partial u / \partial y)_{y \rightarrow 0}$$

はきわめて大となり、剥離の定義  $\tau_0=0$  に合わない。この矛盾を取のぞくため静粘性を入れて修正すると次のようになる。

運動量輸送理論を使うと壁面近傍では

$$\rho K^2 y^2 \left( -\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \mu_- \frac{\partial u}{\partial y} - y - \frac{dp}{dx} = 0$$

となり、層流底層の近くでは第 1 項が無視されて

$$\partial u / \partial y \propto y \text{ あるいは } u \propto y^2 \dots \dots \dots \quad (2.3.1)$$

であるから、速度分布はやはり層流剥離と同様に凹型である。 $y$  が少し増して底層から離れる

と第2項は無視され

$$\frac{\partial u}{\partial y} \propto \frac{1}{y^{1/2}} \quad \text{あるいは } u \propto y^{1/2} \quad \dots \quad (2.3.2)$$

となり Stratford の形になる。

しかし剥離点付近の底層厚さがどの程度であるかは判明していないから——理論的には厚さは  $\tau_0^{1/2}$  に逆比例するから剥離点付近では厚くなる——実際に  $u$  を測定した場合に (2.3.1) 式のような分布がはたして計測されるものか、あるいはほとんど計測されないで (2.3.2) 式の形だけが見られるのか不明である。もっと剥離に関する基礎的研究を行ない、速度分布計測もさらについていねいに行ってから判断すべきものであろう。

上述のように、これだけの実験で剥離の有無およびその領域を定めることは困難であることがわかったので、剥離の議論はしばらくおき、造船技術者としてこの流れに対する解釈を行なってみる。われわれが剥離を恐れた理由は、本項の初めに述べたように、圧力抵抗がこれより増加し、しかもそれが尺度影響により減量されることなく実船にも現われると考えられたからである。この考えは、剥離が始まればその後の流れには大きな死水領域が生じ、剥離の性質上  $Rn$  の影響をほとんどうけることがないという参考書の知識を暗黙のうちに想定しているからである。しかし前図にみると別段死水域と称すべきものが見られず、流れがほとんど壁面に付着している場合には、単に境界層が厚くなつたと解釈してもよさそうである。このために、抵抗増加は相当あるとしても、実船では尺度影響をうけて減量されるのであれば、模型実験の意義は十分に存在する。

この尺度影響を直接調べることは困難なので、代りの方法として実在船の模型の速度分布を計測し、本実験の分布と比較することにより、もしこれが大差なければ、実在船の尺度影響がそのまま本委員会の船型にも応用できると考えてもよいであろう。このために A 丸 ( $L/B = 6.42$ ,  $C_B = 0.81$ ,  $l_{cb} = -2.06\% L_{PP}$ ) の 4.5 m 模型船につき全く同様の実験を行なった。Fig. 2.3-3 の下の図は推進器軸直上の 8 cm WL の流速分布を示す。境界層全体としては船尾肥大度に差があるだけに A 丸の方がうすくなつてはいるが、速度分布の形は似ており、また次項の伴流分布の形でみてもほとんど区別はない。もちろん A 丸の模型と実船の相関は普通の大型タンカの場合と同様であったから、 $L/B = 5.5$  のような極端な肥大船型でも従来どおりの方法により実船の抵抗の推定を行なつて大過ないのではあるまい。

しかしこの相関の問題は本委員会の研究目的に対し根本的な重要さを持つものであるから、単に上のような簡単な推論で片づけるには多大の不安が残っており、確言することは差控えた。今後もいろいろの面から検討を加える必要がある。

### (ii) 伴流分布

各模型船の推進器位置における伴流分布を測定した結果を Fig. 2.3-4 に示す。これらの分布は普通船型のものに比べてきわめて特徴的な形をもつている。すなわち丁度推進器軸の高さの両側に大きなふくらみを持ち、その中の伴流速度は 0.6 V 程度を境とする頂上の平坦な丘状分

布をしていて、通常の境界層のように壁から離れるにしたがって伴流値が単調に減少する観念からは著るしくちがったものである。この原因は船体凹部に渦が発生するからである。糸を入れて調べると回転はゆるやかなものではあるが、境界層の構造がこれほど大きく変形されることは注目されてよい。タンカ船型の形状影響を支配する重大な要因であろう。 $L/B$  が小となるにしたがい伴流の幅は少しづつ拡がっているが、その姿は大体相似であって前記 A 丸のもの(Fig. 2.3-4, 右端に示す) もこの例外ではない。

この渦の発生原因を調べるために検査面を前方に移した実験を  $L/B=5.5$  と A 丸について行なった。Fig. 2.3-5 に前者の結果が示してあるが、A 丸もほぼ同様であった。これをみると渦はほとんど水平であり、かつ境界層内の流速変化から生じたものであることがわかる。S.S. No. 1 付近ではほとんど異状が認められないから、この渦の原因は境界層の発達に伴ない不安定さが増しているところへ、ビルジを廻って上昇するわずかの上向き流れが渦を誘発しているものであろう。この渦により圧力抵抗は増しているのであろうが、渦の発生が避けられないものとすれば、その発生位置は最も都合のよい高さにあるといわねばならない。丁度推進器円を覆っているため  $w$  は非常に大きくなり、 $\eta$  の向上に大いに役立っている。これにより抵抗増加の大きな部分を伴流利得の形で回収したことになる。

Fig. 2.3-6 は上の実験に関連して求めた 4.5 m 模型の  $w_n$ ,  $w_e$ ,  $t$ ,  $r_n$  を示す。 $L/B$  の減少とともに  $r_n$  の増加はやや顕著であるが、 $w_n$ ,  $w_e$  の増加は目立たない。これは肥大化により両側の渦の寸法は大となり抵抗は増すが、——もちろん造波抵抗の増加分も少し入る——上記伴流速度の丘状分布が  $L/B$  最大の場合でもすでに推進器円をカバーするだけの大きさなので、 $w$  としては肥大化の影響をわずかしか受けないからである。それ故、このような特異な伴流分布の続く限り肥大度を高めると不利であるという結論が得られる。

しかしこの結論はこの模型での話にすぎず、 $Rn$  が大きくなれば境界層は薄くなるからこの現象の起るのがおくれる。ことに実船では境界層厚さは半分程度に減少し、渦は推進器円をカバーするだけの大きさがないから、 $w$  が肥大度とともに増す割合は模型よりも大きくなるはずである。このことは肥大船型の  $w$  の尺度影響を論ずる場合に考慮すべきことがらであろう。

## 2.3.4 第2次試験

### 2.3.4.1 試験の方法

大部分は第1次試験の場合と同様であるが、相違点をあげると次のとおりである。伴流測定用ピト一管は、第1次試験の外径 6 mm のものでは船体近傍の測定が困難であるため、新たに外径 1.6 mm のパイプ 2 本を組合せて作ったピト一管 5 本を櫛型に配置して表面近くまでを計測したことと、新しい試みとして後進時の伴流を計測し、これをポテンシャル伴流と解釈して前進状態で計測した全伴流と組合せて実船の伴流の推定を行なったことである。試験の項目は Table 2.3-2 に示す。

### 2.3.4.2 試験の結果と考察

#### (1) 糸による流線観測

Fig. 2.3-7 は A, B, C 3 隻について糸で観測した流線の方向を示す。いづれも推進器を装備

しない状態のもので、前後進において表面上の糸と、少し離れた場所の糸との方向を示した。3隻とも前進時ボス付近表面近くに顕著な下向き2次流れがあるのが特徴であるが、互に相似た流線になり、今回の程度のフレームラインの差では流線観測で検知できるほどの流れの差を生じないことを示している。普通にいわれる剥離と2次流れとの関係についてはまだ不明の点が多いが、第1次試験の報告に一部論じたのでここでは省略する。

## (2) 推進器位置での伴流分布

A～E 5隻に対する推進器位置での伴流分布計測結果を Fig. 2.3-8 に示す。

まず船尾変形シリーズ A, B, C につき考える。A の伴流分布に対してはすでに報告したところであるが、要するに特徴として推進器円一杯にひろがる台地状分布と、渦状流れとがあった。これは肥大船尾をもつ船型に共通のことがらと考えられるが、フレームラインの差異がどの程度これに関係するかということも最適船型につながる問題としてきわめて重大である。B, C の2隻はこの予備調査の意味をもつもので、B (V型) では明らかにフレームラインの影響が現われ台地状部分の幅は狭くなり、伴流全体が上方へずれる。 $w_n$  は A とほとんど変わらないから (Fig. 2.3-10 参照)， $w_n$  における伴流の影響はほぼ同様であるが、円周方向の一様性はやや落ちる。これに対して C は B の推進器高さ付近をややバルブ状にし、これによって抵抗にはほとんど悪影響がなく、伴流分布のみを改良して損失エネルギー回収率を高めることをねらったものである。伴流分布は確かに B をややひろげた形となり、バルブの影響が推進器上半円に現われているが、分布の形が上方に移りすぎて  $w_n$  としては増していない。この意味では A が望ましい分布をしており原型の優秀さを示している。A, B の線図を比べると A は B の下部に小さいバルブをつけた型式ともみなしうるから、バルブの位置が C よりも適当であったということができる。なお後半部各横断面での伴流計測も行なったがこの結果は A と大差がなかったので省略する。

次に船首シリーズ A, D, E につき考える。3隻とも分布、 $w_n$  ともきわめて類似し、D, E の船首部が A に比べてかなり丸い V 型であるにもかかわらず、その差異が船尾推進器位置における流れにはほとんど関係しないことを示している。これを逆にみれば、当初は船首船底付近の流れが A においては果して滑らかであるかどうか、渦状の流れが発生して形状影響を増加させる一因となっていないかどうか、の点が懸念されたのであるが、船首船底を滑らかにした D, E と比べてほとんど顕著な差異が認められないところをみれば、A 程度の船首部ならば実用上問題はないと思われる。ただここでは船首部流れを船尾部で比較したのであるから、最終的効果の形で考えたという点では妥当であろうが、流れそのものの調査としてはやや間接的である。したがってこれに加えて船首部において直接流場調査を行なえばなお望ましいと思われるが、これは別の機会があれば実施したい。なお高速では恐らく造波特性に差異が生ずると思われるが、肥大船としては2次的問題であるから今回は考えない。

## (3) 実船の伴流分布の推定

模型の伴流分布をいかにして実船状態のものに換算するかという問題は今なお未解決である

が、一番正当な方法は、伴流をポテンシャル成分と粘性分とに分け、前者は模型と実船とで変りなく、後者のみ尺度影響をうけるという考え方であろう。もちろんこの方法にも2、3の仮定、あるいは近似があるが、それらを完全な形で解決するには日時を要するので、ここでは次のようにしてA、B、C 3隻に対し実船伴流の推定を行なった。

ポテンシャル伴流としては、後進状態で推進器位置の伴流をピトー管で計測したもの用い、全伴流よりこれを引いたものが粘性分であると考え、模型と実船との粘性分相対厚さは摩擦抵抗の比に比例するとして実船の伴流分布を求める<sup>2)</sup>。この結果を Fig. 2.3-9 に示した。3隻とも大幅に伴流域が狭く  $w_n$  が小さくなるが、フレームラインの相違にもとづく分布の差異は模型状態とほぼ同様である。円周方向の不均一もこの程度のフレームラインの差では大して違わず、最適船型の選択の困難さを示している。

なおこの方法の確からしさを調べるために、ある実在船において比較したところ、計算値  $w_n=0.40$ 、実船試運転よりトルク一致法で求めた  $w_e=0.38$  を得た。 $w_n$  と  $w_e$  の差を考慮すると両者の一致の程度は実用上十分であると考えられる。

#### (4) 抵抗および自航試験結果

本研究の主題は流場調査であったが、参考のため抵抗、自航試験を行なったので、結果を Fig. 2.3-10 に示す。各船型に対する実験例がただ1つであること、また結果中若干不合理と思われるものもないではないから決定的な結論を引き出すことは無理であるが、大体の性質として次のことがあげられる。すなわち、5隻の間では抵抗推進性能にほとんど優劣はない。しいていえば、抵抗については V 型がやや有利のようであるが、 $\eta_L$  についてはバルブが優り、馬力の上ではほとんど差はない。模型での最適船型を定めるためさえ、各船型について数多くの実験例を集めることと、定性的傾向をより明確につかむためにさらに極端な船型について同種の実験を行なうことが必要で、今後の研究課題と考えられる。

<sup>2)</sup> 笹島、田中、鈴木；造船協会論文集119号（昭41）

Table 2,3-1 MODEL SHIP AND PROPELLER

	L/B	7.0	6.5	6.0	5.5
MODEL SHIP	L <sub>pp</sub> (m)		4.50		
	L <sub>WL</sub> (m)			4.61	
	B (m)	0.643	0.692	0.750	0.818
	a	0.235	0.251	0.272	0.296
	B/d		2.76		
	V (m <sup>3</sup> )	0.5393	0.6253	0.7344	0.8717
	C <sub>B</sub>		0.800		
	L <sub>cb</sub>		-1.5% of L <sub>pp</sub>		
MODEL PROPELLER	D <sub>ta</sub>	0.1120	0.1210	0.1313	0.1433
	H/D	1.009	0.8595	0.7170	0.5710
	Boss Ratio		0.180		
	Max. B.W.R.		0.3031		
	B.T.R.		0.05		
	E.A.R.		0.470		
	Angle of Rake		10° - 0'		
	Number of Blades		5		

Table 2,3-2 TEST ITEMS

記号(船首+船尾)	試験項目	試験速度
A 98+98	(1) プロペラ位置での 付流計測	
B 98+135	(1) 各横断面での伴流分布計測 A.P.4, 8, 12, 16, 20	
C 98+136	(2) 流速計測	
D 147+98	(ボンベヤル伴 流を含む)	Rn=0.16
E 148+98	(2) 振動・自航試験	

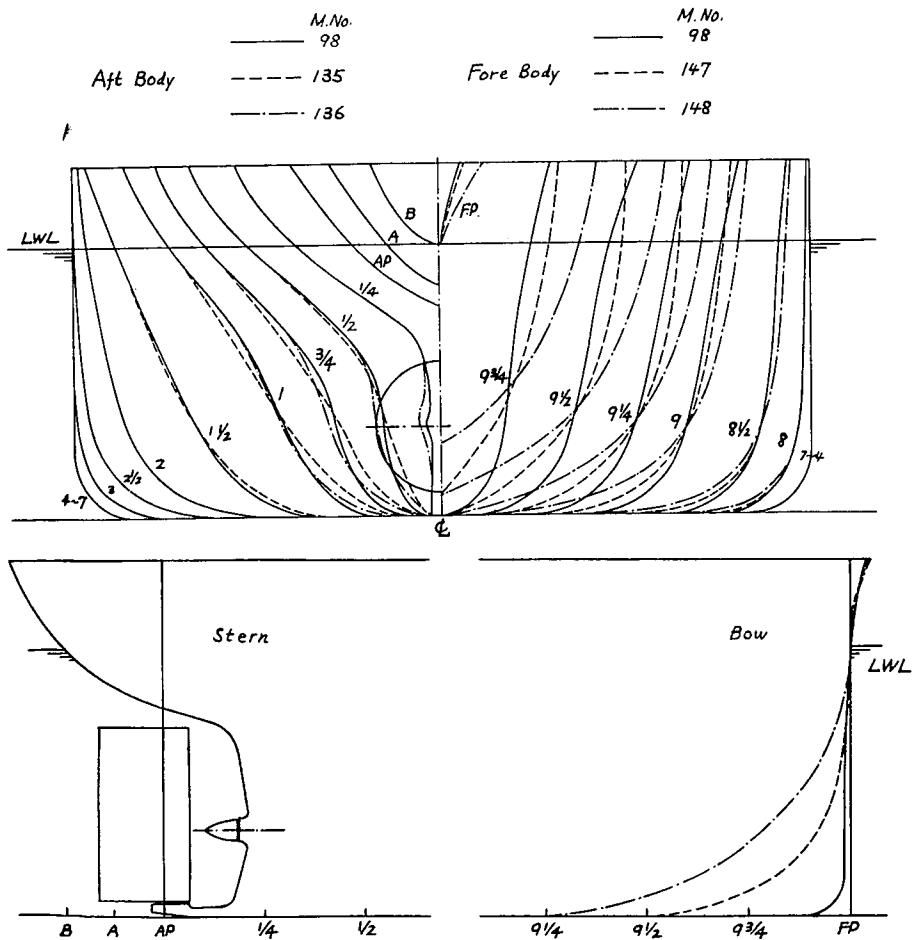


Fig2,3-1 MODEL SHIPS

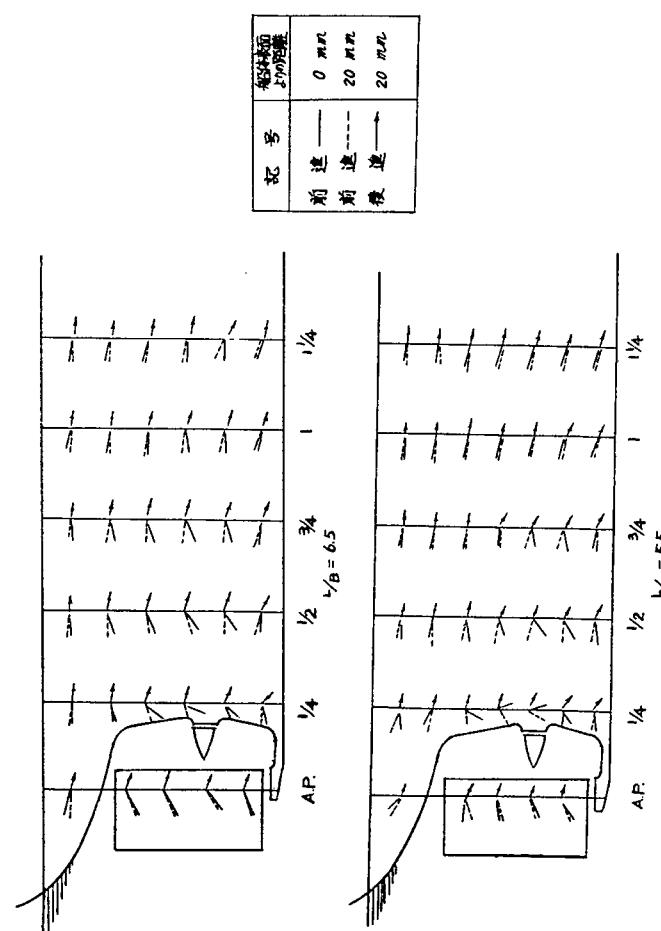


Fig. 2,3-2 STREAM LINE MEASURED BY YARNS

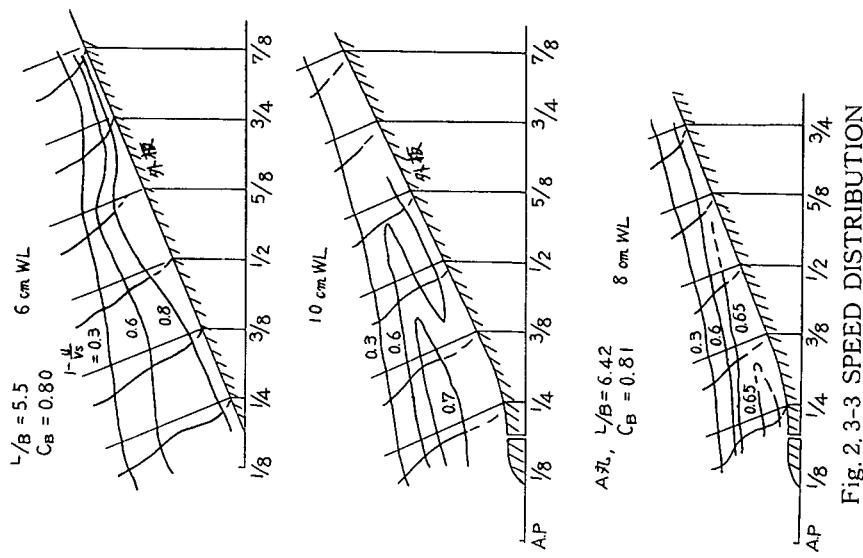


Fig. 2,3-3 SPEED DISTRIBUTION

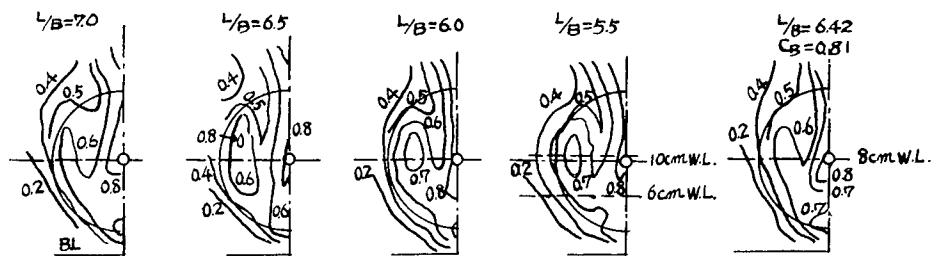


Fig. 2, 3-4 WAKE DISTRIBUTION AT PROPELLER POSITION

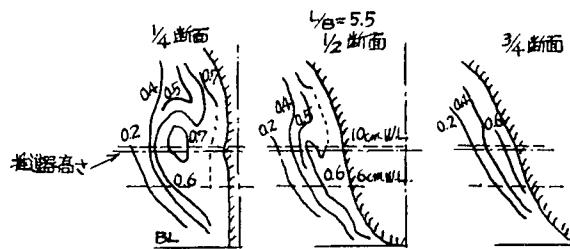


Fig. 2, 3-5 WAKE DISTRIBUTION

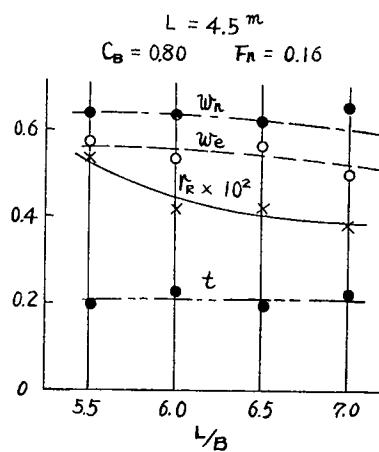


Fig. 2, 3-6 SELF PROPULSION FACTOR

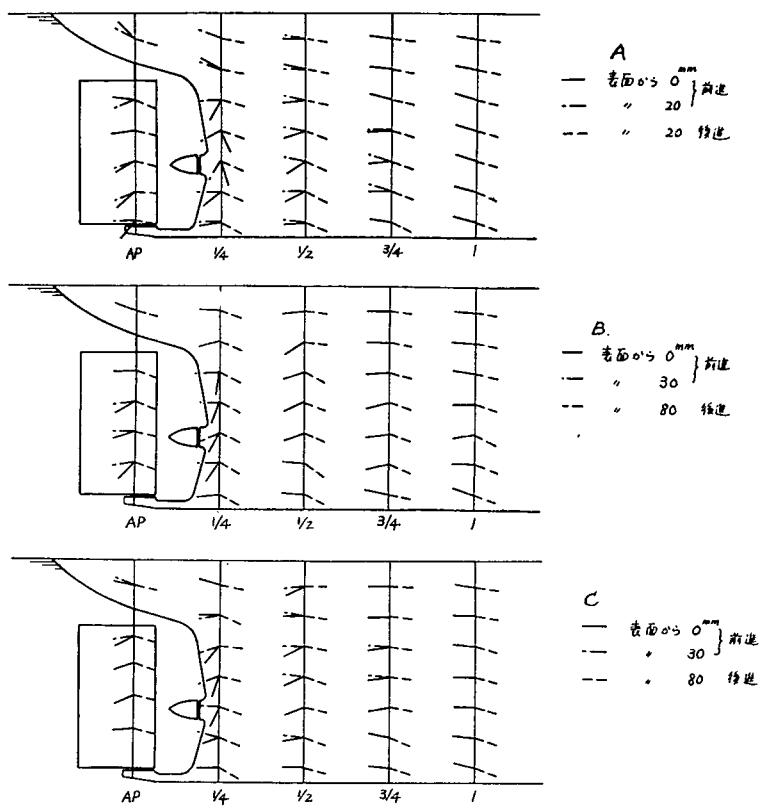


Fig 2.3-7 STREAM LINE MEASURED BY YARNS

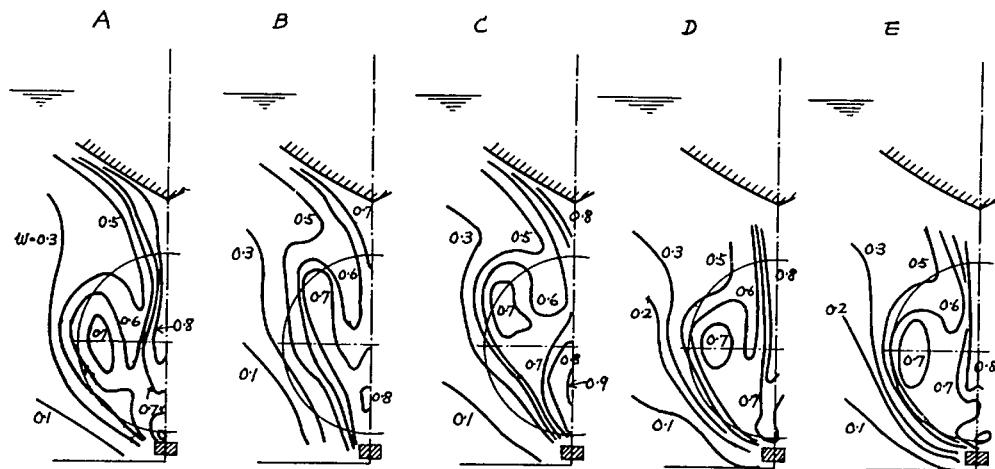


Fig. 2.3-8 WAKE DISTRIBUTION AT MODEL (MEASURED)

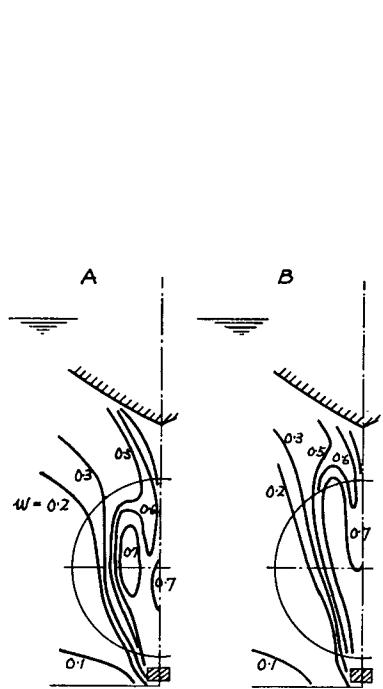


Fig. 2.3-9 WAKE DISTRIBUTION AT SHIP  
(ESTIMATED)

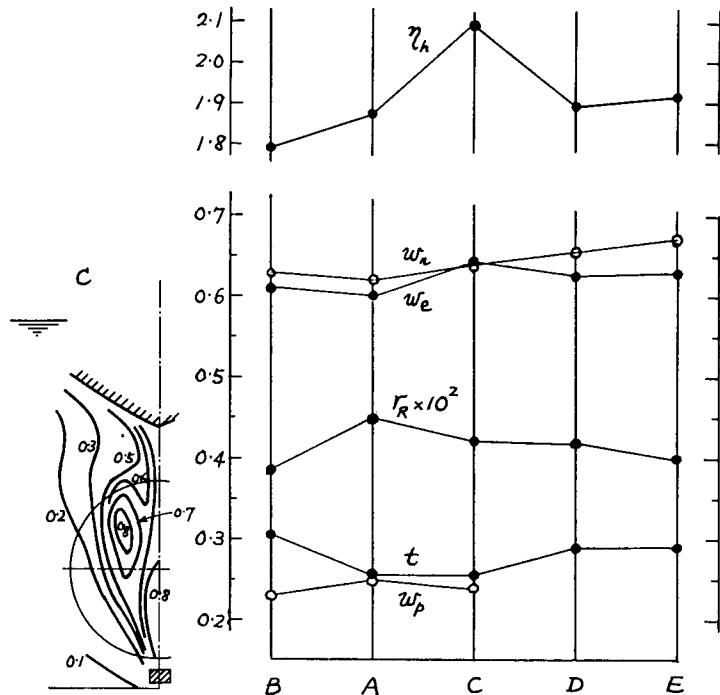


Fig. 2.3-10 RESULTS OF RESISTANCE  
AND PROPULSION TESTS  
( $F_n = 0.16$ )

## 2.4 標準試運転

Table 2.4-1 に示す船舶について、試運転結果を収集した。そのうち満載状態の試運転結果を軸馬力にもとづき解析して求めた  $\Delta C_F$ ,  $(1-w_s)/(1-w_M)$  の値を, Fig. 2.4-1 および Fig. 2.4-2 に示した。

これらの結果によると、超大型船の満載状態においては、シェーンヘルの摩擦係数を使用した場合、 $\Delta C_F$  として -0.00015 ないし -0.00045 程度を考慮すればよい。 $\Delta C_F$  および  $(1-w_s)/(1-w_M)$  の値は、いろいろな要素によって変化するものと思われるが、船首バルブの有無、その形状などによっても変化しており、船首にバルブを有する船舶の方が、ノルマル船首のものにくらべて、 $\Delta C_F$  の絶対値が小さく、 $(1-w_s)/(1-w_M)$  の値も小さい傾向がみられる。

Table 2.4-1

船名		A丸	B号	C丸	D号	E号	F号	G丸	H号	I号	J号	K号	L丸
造船所		A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社	I社	J社	K社	L社
$L_{PP}$ (m)	225.00	242.00	249.00	248.41	241.00	228.00	246.00	216.00	225.00	243.20	243.20	225.00	225.00
B (m)	32.80	37.20	40.40	38.10	36.80	35.80	40.00	33.40	32.20	40.00	37.20	37.20	37.20
D (m)								16.20	16.10	20.60	17.50	17.50	17.50
出力(PS)	185.00	240.00	276.00	265.00	217.00	207.00	23.00	18.40	16.00	24.00	24.35	20.00	20.00
機 種	R P M	114	105	119	110	114	119	114	119	116.3	110	108.5	119
プロペラ	直径(m)	66.04	72.00	69.00	75.00	62.50	64.00	68.0	63.0	69.0	7.00	64.0	64.0
Z	ビッチ比	0.694	0.736	0.698	0.650	0.722	0.758	0.721	0.727	0.706	0.721	0.757	0.755
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
平均吃水(m)		12.05	14.63	14.795	14.27		12.16.9	14.90	11.56	11.55	11.17	11.19	12.55
トリム(m・船尾へ)								0.07.6	0	0	0	0	0
$\triangle(t)$		722.68	1101.61	120.80.6	1030.40		83.52.7	121.76.8	69.36.0	70.76.0	123.12.1	100.02.5	87.10.2
試運転状態 (満載)	C B	08.13	08.12	07.86	07.98		08.19	07.98	0.81.0	0.82.0	0.81.0	0.81.8	0.81.7
	C P	08.19	08.17	07.91	07.95				0.80.3	0.81.4	0.82.7	0.81.6	0.82.4
	C N	09.93	09.94	09.95	Smooth	Moderate			0.99.3	0.99.4	0.99.2	0.99.3	0.99.3
	海象	白波全般	Slight				Smooth	Smooth	1	Slight	Smooth	Smooth	Smooth
海水深(m)								95	70	100	>100	55	70
出航後日数								17	20	19	20	21	15
Trial Course								2	3	19	16	—	3
平均吃水(m)													
トリム(m・船尾へ)													
$\triangle(t)$													
試運転状態 (バースト)	C B												
	C P												
	C N												
	海象												
海水深(m)													
出航後日数													
Trial Course													
横風		-1.68%	-2.51%	-1.54%	-1.76%	$C_B = -0.820$	-2.04%						
参考													
備考													
力試験をワーディングで行なった													

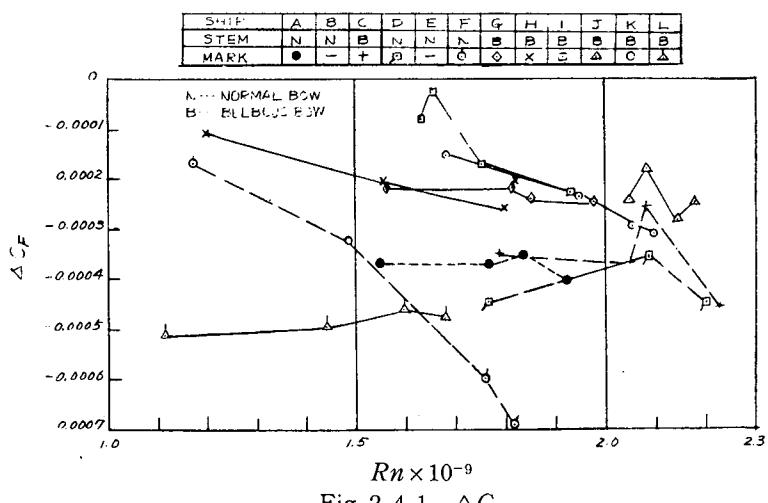


Fig. 2, 4-1  $\Delta C_F$

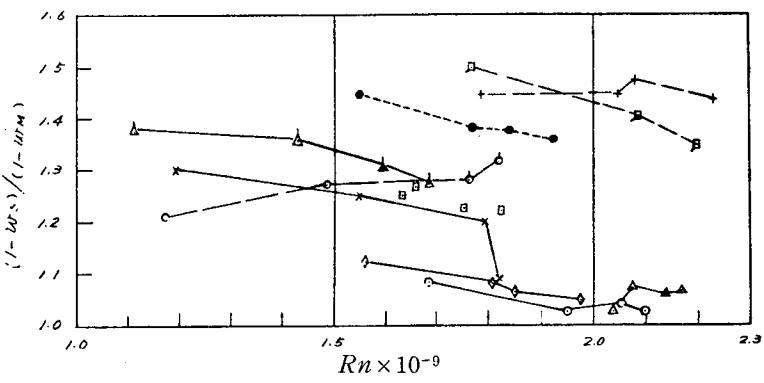


Fig. 2, 4-2  $(1-w_S)/(1-w_M)$

### 3. 旋回・操縦に関する研究

#### 3.1 系統的模型試験

##### 3.1.1 概要

当初研究計画によれば、推進性能に関する研究に使用する系統的船型について、自航模型船を使用して旋回性能、進路安定性等の操縦性能におよぼす船型諸元の影響を調査するのが主たる研究目的であった。ところが、第1次試験の結果、肥大船型に特有と思われる異常な現象が発見され、しかもこの傾向は実船では全く見られないことから、このまま系統的模型試験を続けても実船の性能推定には大きい疑点を残すことが明らかとなった。

このため第2次試験においては、この現象の調査と、この現象の影響を除いて実船操縦性能を推定する手段の探求を行なうことに計画変更がなされた。その目的に沿って第2次試験では多数実船の操縦試験とともに、上記現象を避ける手段を求める模型試験が行なわれた。その結果、プリズマ曲線は原型と同一に保ったまま、船尾フレームラインを極端にV型にした船型を使用すれば、 $L/B$ 、 $C_B$ 等の主要目が操縦性にあたえる影響を、上記異常現象をほぼ消去して調査できる見通しが得られた。

第3次試験においては、この方法にしたがい、 $L/B$ 、 $B/d$ 、 $C_B$  舵面積が操縦性にあたえる影響を調査した。また、ここでは2軸船型の操縦性能を調査する模型試験も行なわれた。これらの結果を以下に示す。

##### 3.1.2 第1次試験

###### 3.1.2.1 $L/B$ 操縦性能試験と異常現象の発見

本試験に使用した模型船は、2.1.2  $L/B$ 、 $B/d$  シリーズの  $L/B$  シリーズに使用した模型船、すなわち  $C_B=0.80$ 、 $B/d=2.76$  で  $L/B$  を 5.5、6.0、6.5、7.0 に変化させたものと相似で、長さは4.5 m である。試験状態は満載およびバラスト（満載排水量の44%）の2状態で、模型船の要目、舵の要目は Table 3.1-1 に、試験の種類は Table 3.1-2 に示すとおりである。

###### (1) 旋回性能

定常旋回試験の結果を Fig. 3.1-1 に示す。

満載状態についていえば、 $C_B$ 、 $B/d$  を一定に保って  $L/B$  を減少すると、旋回半径は減少する。しかし、それは  $L/B$  を 7.0 から 5.5 まで減じて 35° 旋回半径が数%減少する程度である。

Fig. 3.1-2 は舵面積を変化させた場合の試験結果であるが、これによると舵面積比の効果もあまり著しくなく、1/70 から 1/100 に減少しても 35° 旋回半径の増加は数%にすぎない。これは、大舵角旋回においても、なお本船型の旋回抵抗がわずかであることを示し、したがって直進付近の進路安定はきわめて悪いものになる見込みが強い。一方旋回圈は一般貨物船に比べて相当小さいことがわかる。

なお舵角を 35° 以上とるのは旋回性向上に有効である。

バラスト状態では、中程度の舵角では満載より旋回半径が大きいが、 $35^\circ$  旋回になるとその差はほとんどない。

## (2) 追従性、進路安定性

ところで、本船型のごとく肥大して旋回抵抗の小さい船では進路安定性や操縦に対する追従のおくれが大きい問題になる。微少舵角の旋回や Z 試験がこれらの性能を明らかにする目的で行なわれたが、その結果は Fig. 3.1-3 および 3.1-4 に例示するごとく従来の常識から著しく逸脱する傾向を示した。すなわち旋回運動が緩慢な直進付近では旋回抵抗が減少して  $K'$ ,  $T'$  両指標は増大、 $\Omega - \delta$  曲線の傾斜も増加するのが普通であるが、この結果は全く逆になっている。

一方、本部会実船 Z 試験結果によると、実船はやはり上述の常識の線に沿っているようであるから、Fig. 3.1-4 の傾向は模型船特有のもので、これを実船に適用すると進路安定性を著しく過大に見積もるおそれが強い。この現象、すなわち緩慢なる運動中において異常に進路安定がよくなる傾向を仮に「異常現象」と名付ける。

この問題の解明がいまだ不十分であるので操縦性シリーズ試験は大舵角旋回の資料を提出するに止まらざるを得なかった。

Table 3.1-1 PARTICULARS OF MODEL SHIPS

M. No.	$L_{PP}$ (m)	$L/B$	$B/d$	$C_B$	RUDDER AREA ( $A_R/L \times d$ )	SIMILAR TO
52		5.5			$1/70$ , $1/120$	U. M. No. 1729
53	4.500	6.0	2.76	0.80	$1/70$ , $1/100$ , $1/120$ , $1/140$	U. M. No. 1725
90		6.5			$1/70$	$1/120$
91		7.0			"	"

Table 3.1-2 TEST CONDITION AND KIND OF TEST

TEST CONDITION	TRIM		$F_n$	
	EVEN KEEL			
	FULL LOAD	BALLAST		
KIND OF TEST	2 % $L_{PP}$ AFT		0.19	
	35° P. ~ 35° S. (EVERY 5°)			
TURNING		5°, 10°, 15°, 20°		
ZIGZAG				

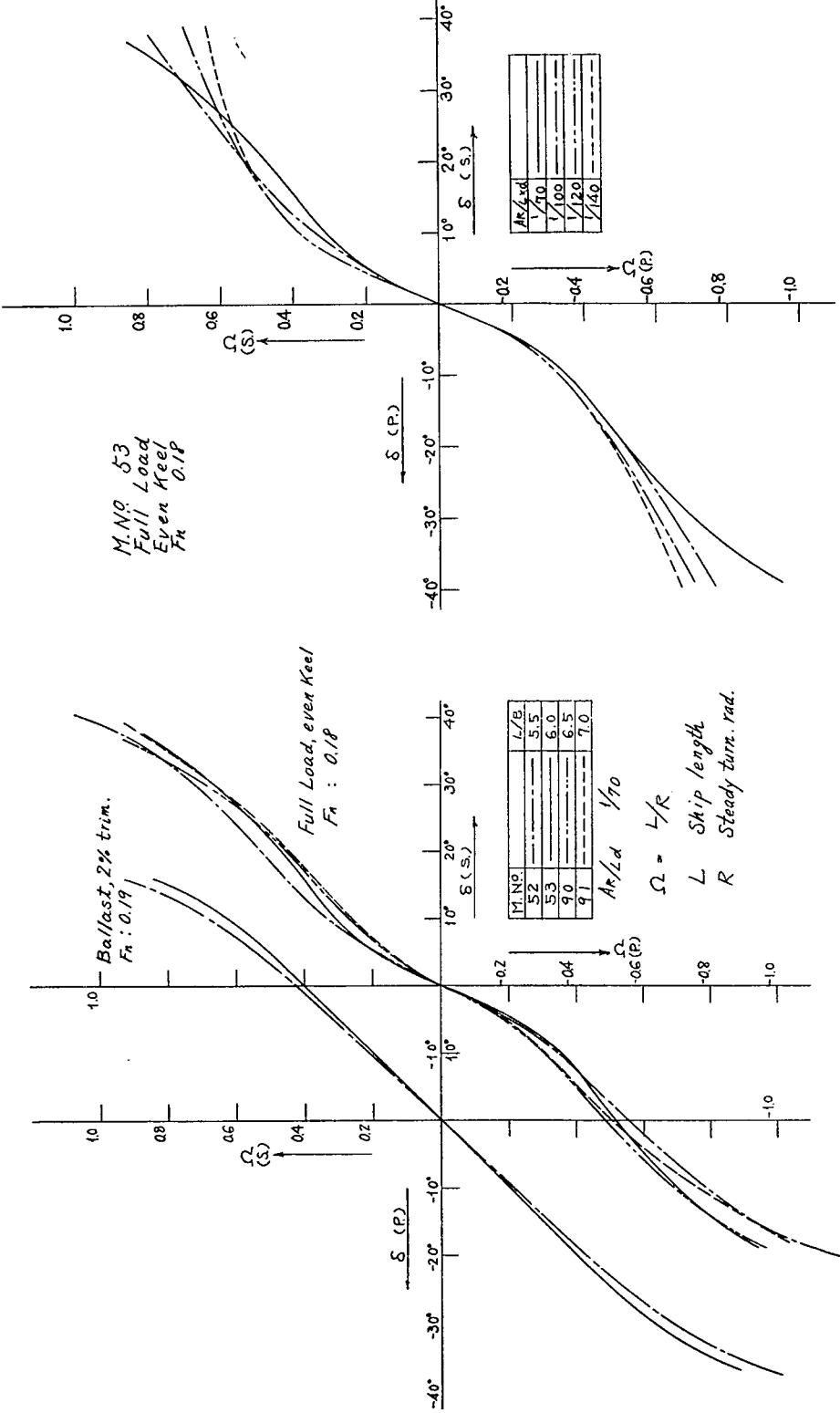


Fig. 3.1-1 RESULT OF TURNING TEST  
(EFFECT OF  $L/B$ )

Fig. 3.1-2 RESULTS OF TURNING TEST  
(EFFECT OF RUDDER AREA)

Fig. 3.1-4 AN EXAMPLE OF ZIGZAG TEST

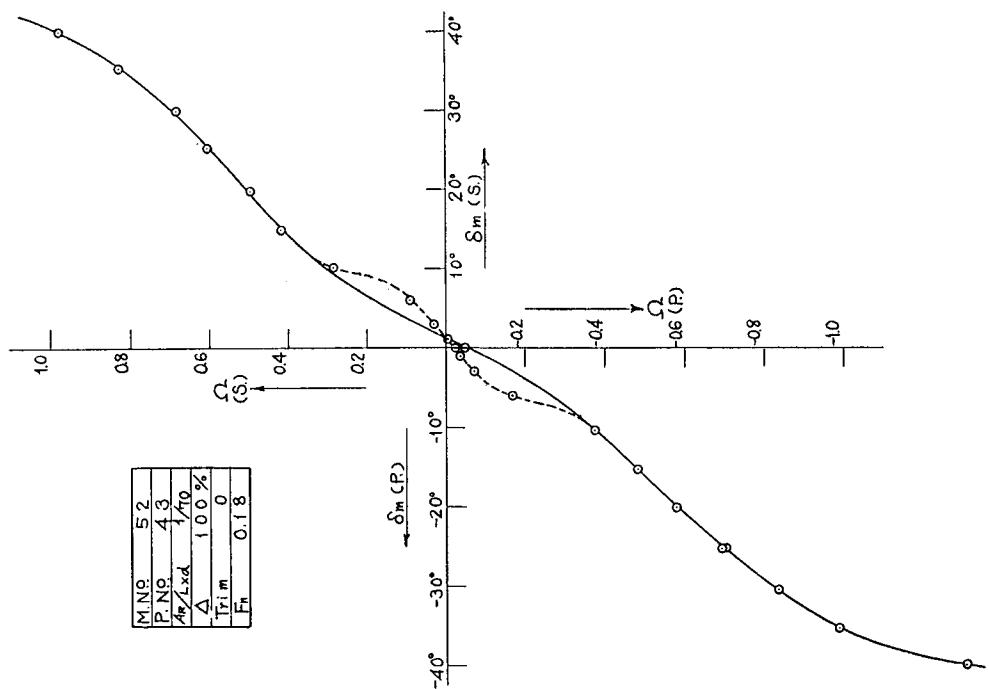
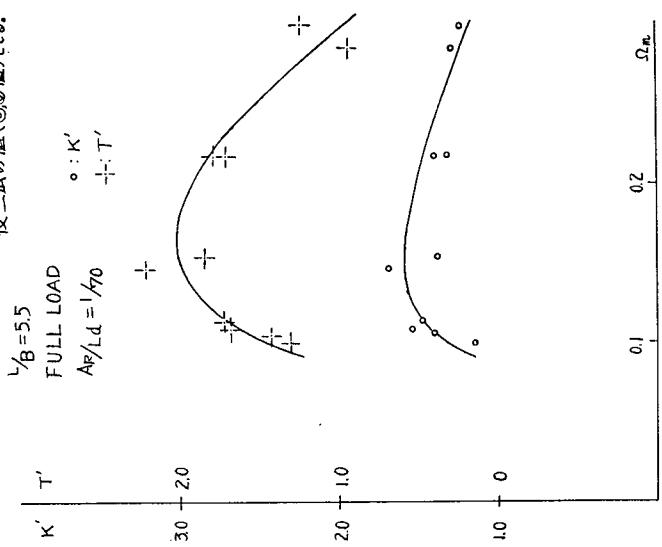


Fig. 3.1-3 AN EXAMPLE OF STEADY TURNING TEST

### 3.1.3 第2次試験

#### 3.1.3.1 実船操縦性試験解析および異常現象の調査とその対策

第1次の研究結果によれば、自走模型試験から推定された操縦性と実船のそれとの間に全く性質を異なる傾向が発見され、系統的模型試験の実用価値に大きい疑がもたれるに至ったので、第2次試験は次の2点に重点を置いて研究を実施した。

- (1) 実船試験結果を多数集積することによって、上記の実船の傾向を確認し、併せて  $L/B$ ,  $B/d$ , 舵面積等が操縦性に及ぼす影響を調査する。
- (2) 上記模型の傾向を実船のそれに近づけ、系統的模型試験の実用価値を回復する方法を探究する。

#### 3.1.3.2 実船Z試験

上の目的にしたがい、三菱重工業（長崎、横浜）、佐世保重工業、呉造船、三井造船、石川島播磨重工業（相生）、川崎重工業の各社において、実船Z試験が実施され、大阪大学造船学教室の協力の下に整理、解析が行なわれた。その結果を Table 3.1-3 に示す。

この結果から次のことがわかる。

- (1) 実船Z試験から得られる操縦性指標  $K'$ ,  $T'$  は運動が緩慢になるほど（舵角が小さくなるほど）、大きい値を示し (Fig. 3.1-5 参照)，第1次模型試験に見られたその反対の傾向は全く見られない。
- (2) これは緩慢な運動ほど、実船の進路安定は悪くなることを意味し、この種の大型肥大船型では保針性に考慮を払うべきことを示す。

また、進路安定の悪い船は操舵に対する追従もまた、これに伴なっておそいから、それだけ操船が困難になることも忘れてはならない。

- (3) 船型諸要素の影響を考えると、小さい  $L/B$ 、大きい  $C_B$ 、大きい  $B/d$ 、小さい舵面積が進路安定を悪くする傾向が明らかに見られる (Fig. 3.1-5 および 3.1-6)。Table 3.1-3 中には異常に大きい  $K'$ ,  $T'$  値や負の値が見られるが、これは直進付近ですでに不安定の範囲に踏み込んでいることを示し、事実これらの船のスパイラル試験では不安定ループが観測されている。

実績に徴すると、わずかの不安定は操船に決定的な困難をもたらすものではないが、これが限度を越せば大きい支障をきたすことは明らかであろう。

この不安定の傾向が船型の肥大化、すなわち  $\nabla/L^2 d = C_B/L_B$  値の増加にもとづくことはここに示した比較的少ない資料からも明らかであるが、その他に  $B/d$  が意外に大きい影響をもつよう見えることは、最近の船舶の大型化傾向に関連して注意すべきことと考えられる。

#### 3.1.3.3 模型試験

第2次模型試験は冒頭2項に述べた線に沿って、すなわち模型の傾向を実船のそれに近づける方法を探求するために行なわれた。供試模型船ならびに試験種類を Table 3.1-4 に示し、試験結果の概要と考察を以下に述べる。

### (1) 流れ観測の結果

第1次試験に使用した模型船（M. No. 52）を流用し流れの観測を行なったが、斜航状態では流れの上側船尾に剥離またはそれに類した異常な流れが観測され、これは下側では存在しないことがわかった。すでに述べた実船、模型両者の操縦性指数の傾向の差は、この異常な流れに関係するものであろうと想像される。しかしながら、この流れの流体力学的解明は相当困難で、早急の解決は期待できないことを考えると、本部会の研究の範囲ではもっぱら、実験的に試行を繰返す他ないものと考えられた。

- (2) 本部会の船型と類似の  $L/B$ ,  $C_B$  をもちながら異常傾向を示さない船型があったので、参考のためにこれをもとにして船尾形状を一部変更して試験を行なったが（M. No. 52-1），改善は認められなかった。そこで同船型 ( $L/B=6.4$ ) を比例的に  $L/B=6.0$  まで肥大化させた M. No. 119-3 を作成し試験したところ、わずかながら異常傾向を示し、さらに  $L/B$  を減少すればさらに異常になる見込が明らかとなった。
- (3) そこで M. No. 52 を原型に  $l_{cb}$  を前に移し、排水量を前偏させて船尾流れの平滑化を図った M. No. 52-2, 52-3 を作って試験を行なったが、本部会の系統船型、特に  $L/B$  が 5.5 というような広幅船型の場合は  $l_{cb}$  を -4.5% にまで移しても著しい傾向の変化は認められず、この方法は見込みのないことがわかった。またこの船型で船尾部にスタッドを付し、人工乱流によって流れの正常化を図ることも試みたが、さしたる効果は認められなかった。
- (4) 以上の結果からすると、現在の船型に止まる限り、5.5~6.0 の  $L/B$  に対して、模型試験から得られる操縦性指数の異常傾向から逃れることは困難と思われる。（1例として M. No. 52 の結果を Fig. 3.1-9 に示す）一方、実船の指数は Fig. 3.1-5 に示すように、すべて従来経験してきた普通の傾向を示している。

そこで操縦性に、本質的影響を与えると思われる船型諸要素、すなわち  $L/B$ ,  $B/d$ ,  $C_B$  等を不变に保ちながら船尾船型を相当程度変更することによって、この異常傾向を逃れることができ、この観点から作成した船型は Fig. 3.1-7 ならびに Fig. 3.1-8 に示すとおりの M. No. 52-4 および 137 である。これらの船型は図で明らかなように、それぞれ船尾形状を柱状船型化したものと、極端に V 型化したものである。これらの船型について実施した試験の結果は柱状船型は普通型と大差ないが、V 型化船型は Fig. 3.1-10 および Fig. 3.1-11 に示すように  $L/B=5.0$  でも実船と同じ傾向を示す。

この結果によれば、かなり V 型化した船尾を使うならば  $L/B$ ,  $B/d$ ,  $C_B$  等が操縦性にあたえる影響を調べることができるであろう。その船型は現在の実用船型から若干逸脱したものではあるが、実船試験結果と比較検討することによりその修正を図れば、現状において一応実用できる資料が得られるものと考えられる。

### 3.1.4 第3次試験

#### 3.1.4.1 異常現象をさける変形フレーム・ライン系統模型による操縦性試験

第1次に行なわれた旋回ならびにZ試験は、船尾部の左右非対称剥離にもとづくと思われる異常現象のために実用にたえる結果を得るに至らなかった。

第2次試験では、この異常現象を回避して実用的結果を得る方法についていろいろの研究が行なわれたが、その結果、プリズマ曲線は原型と同じくしながら船尾フレームラインを著しくV型にするならば異常現象がほぼ避けられる見通しが得られた。

この変形は本研究部会の原型を相当歪ませることにはなるが、しかし変形された船型について $L/B$ ,  $C_B$ などを系統的に変えた実験を行なうならば、上記異常現象に妨げられることなく、 $L/B$ ,  $C_B$ などの操縦性に与える影響を把握することができ、実船試験結果と併用することによって実船の操縦性を推定するための資料をうることができるものであろう。

第3次試験はかかる方針の下に $L/B$ ,  $C_B$ ,  $B/d$ 、さらに2軸船型の旋回操縦性に与える影響を調べるために系統的模型試験が行なわれた。

#### 3.1.4.2 供試船型要目表

上記変形船尾と本研究部会の原型のボディ・プランをFig. 3.1-12に、また、系統模型船要目表をTable 3.1-5に示す。なお、2軸船型は推進性能試験用のものをそのまま使用したが、2軸船型はその船尾形状よりして上記異常現象は著しくないものと思われる。

推進器は推進性能の研究に使われたものと相似で、舵は矩形バランス舵で舵高さを一定とし、舵幅を変えて $A_R/Ld$ を変えた。

試験状態は満載、イーブンキールのみ、 $Fn=0.18\sim0.19$ 、模型船慣性半径=0.24 $L_{PP}$ である。

#### 3.1.4.3 試験結果と考察

旋回試験結果は $r'-\delta$ 特性の形に、Z試験結果は $K$ ,  $T$ 指数の形に整理し、Fig. 3.1-13~3.1-18に順次示す。

ここに、 $r'=L/R$ ,  $L=L_{PP}$ ,  $R$ =定常旋回半径、 $\delta$ =舵角である。

また、 $K$ ,  $T$ 指数はZ試験結果を近似的運動方程式

$$\left(\frac{L}{V}\right)T' \frac{d\varphi}{dt} + \varphi = \frac{V}{L} K' \delta \quad (\varphi=\text{旋回角速度})$$

を使って解析し、係数 $K'$ ,  $T'$ を求めたもので、次のとおりである。

$K'$ の舵の旋回力/船の旋回抵抗、大きいほど旋回性能がよい。

$T'$ の船の慣性/船の旋回抵抗、大きいほど進路安定が悪く、操舵に対する追従がおそい。

ほとんどの $r'-\delta$ 特性に不安定ループが見られ、 $1/K'$ ,  $1/T'$ もゆるやかな運動に対して小さい値を示し、両結果一致してこれら肥大船型の旋回に対する水の抵抗がたいへん小さく、そのためには旋回力はすぐれているが、一方進路安定に劣り、操舵に対する追従もおそいことを物語っている。

##### (1) $L/B$ シリーズ

Fig. 3.1-13 の旋回試験結果でみると、5.5から7.0におよぶ $L/B$ の大きい変化に対し旋回

性能に余り大きい変化は見られないようである。しかし大体の傾向としては、 $L/B$  が小さいほど  $r'$  値が漸増、すなわち旋回圈が漸減する傾向がみられるようである。

これは Fig. 3.1-14 の Z 試験結果とも定性的に一致していて、 $L/B$  の小さいほど、 $1/T'$ 、 $1/K'$  が小さい傾向である。これは  $L/B$  の減少と共に旋回抵抗が減少するという従来の定説と傾向的に一致する。特にこの傾向は  $r'm$  が小さい場合、すなわち船の運動がゆるやかな場合に比較的著しい。

のことから小さい  $L/B$  は旋回圈を若干減少し、同時に進路安定を悪く、操舵に対する追従をおそくするということができる。

注意すべきことは、以上の傾向が  $L/B=5.5$  についてだけは逆転することで、これは前述の異常現象が今回の変形船尾にも部分的に残存して  $L/B$  の影響を打消す方向に作用している疑を与える。したがって上の結論は傾向的には正しいけれども、今後とも多数の実船試験結果と照合することによって、より信頼できる結果を作り上げる努力が必要である。

### (2) $C_B$ および $B/d$ シリーズ

Fig. 3.1-15, 3.1-16 の試験結果に対し前項と同様な考察を加えると、 $C_B$  および  $B/d$  の増加は旋回抵抗を減じ、旋回圈を小さくし、進路安定性と追従性を悪くする。特に  $B/d$  の影響は相当著しく注目に値するものである。

### (3) 2 軸船型

Fig. 3.1-17, 3.1-18 について同様の考察を加えると、2 軸船では 1 軸船に比べ舵の効果が著しく悪く、そのため舵の旋回力と旋回抵抗の両方が小さいことになり、したがって旋回圈は著しく大きく、進路安定、追従性も相当悪くなっている。

2 軸 2 舵はこれを改善する目的をもつが、今回の船型、船尾配置に関するかぎりその効果は十分といえない。2 軸船型の採用に当っては今後相当の改良が必要であろう。

#### 3.1.4 むすび

第 3 次試験の結果、変形模型船により、 $L/B$ 、 $C_B$ 、 $B/d$  の影響について概略的な見とおしをつけることができた。

しかしこれはあくまでも傾向的なものであって、先にも述べたとおり、多数の実船試験の結果と照合することにより、より実際的資料に改良する必要がある。しかしながら、現在実施されている実船旋回試験は計測技術に関して精度の点で不十分の感があり、さらにより精度の高い計測結果が得られるような計測装置および方法を開発し、これにより各種の船について操縦性能試運転を実施することが必要である。

:

Table 3.1-3

	242	239	257	243	195	223	220
$L$ (m)	37.2	38.8	37.2	37	27	33.2	31.09
$B$ (m)	19.9	19.6	17.0	17.5	14.0	16.4	16.07
$D$ (m)	14.63	14.78	12.53	12.93	10.67	11.95	11.65
$d$ (m)	0.816	0.800	0.827	0.824	0.798	0.804	0.822
$C_B$							
$L/B$	6.51	6.62	6.43	6.54	7.22	6.72	7.08
$C_B/L$	0.126	0.121	0.128	0.126	0.110	0.119	0.116
$A_R/L_d$	1/71.6	1/70.9	1/71.3	1/70	1/73.7	1/69.5	1/77.0
$B/d$	2.54	2.62	2.97	2.88	2.53	2.78	2.67
$\delta$	5°	10°	5°	10°	5°	10°	5°
$r_m'$	0.091	0.164	0.102	0.193	0.224	0.171	0.114
$K'$	17	2.8	-9.4	3.2	1.7	5.8	6.0
$T'$	38	6.0	-20	5.8	3.3	16	15

注 :  $K'$ ,  $T'$  は後2山より逆立方程式により求めたもの。 $r'_m$ ,  $\Omega_m$  も後2山, いわゆる⑥⑧区間のもの。

Table 3.1-4 PARTICULARS OF MODEL SHIP AND KIND OF TEST

M. No.	模 型 船 要 目						試 驗 種 類
	L/B	C <sub>B</sub>	B/d	lcb	A <sub>R</sub> /L <sub>d</sub>	備 考	
52	5.5	0.80	2.76	-1.5 %	1/70	第1次試験の模型	流れ観測
52-1	"	"	"	"	"	変形船尾 1	5°, 10°, 15°, 20°, Z 操舵
52-2	"	"	"	-2.4 %	"		"
52-3	"	"	"	-4.5 %	"		" (スタッド付)
119-3	6.0	"	"	-3.0 %	"		"
52-4	5.5	"	"	-2.4 %	"	変形船尾 2	"
137	5.0	0.828	2.54	-1.26%	1/42.9, 1/70	変形船尾 3	"

Table 3.1-5 PARTICULARS OF MODEL SHIP

M. No.		L <sub>PP</sub> (m)	L/B	B/d	C <sub>B</sub>	A <sub>R</sub> /L <sub>d</sub>	REMARKS
船研	防技研						
62	—	145	4.500	5.5	2.76	0.80	1/70, 1/100 SINGLE-SCREW,
61	—	150	"	6.0	"	"	1/70, 1/100, 1/120 MODIFIED STERN
64	—	153	"	6.0	"	0.82	1/70, 1/100
63	—	164	"	6.0	3.06	0.80	" "
60	—	169	"	6.5	2.76	"	" "
59	—	165	"	7.0	"	"	" "
							TWIN-SCREW TWIN-RUDDER
—	197	—	6,000	6.0	2.76	0.80	1/40, 1/70, 1/100 1/70 TWIN-SCREW SINGLE-RUDDER

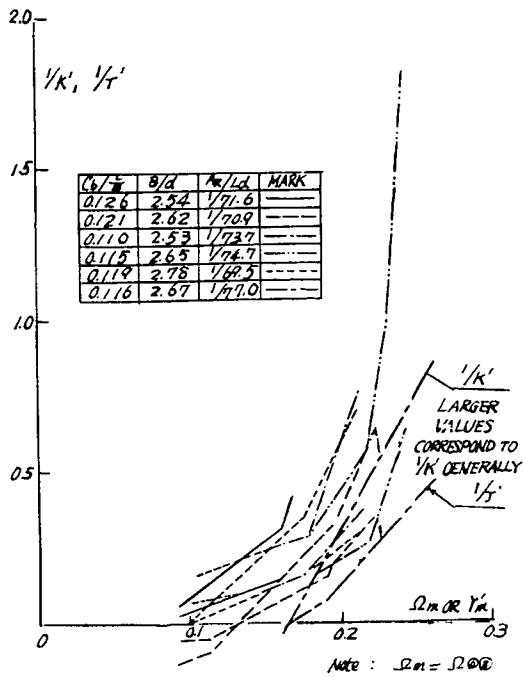


Fig. 3.1-5 INDEX  $K'$ ,  $T'$  BY SHIP  
ZIGZAG TEST

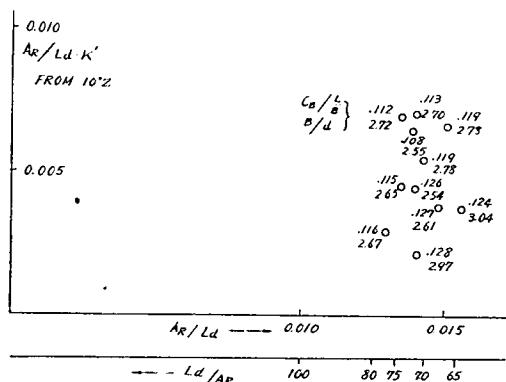


Fig. 3.1-6 RELATION BETWEEN HULL FORM & RELATIVE TURNING RESISTANCE,  $A_R/Ld \cdot K'$

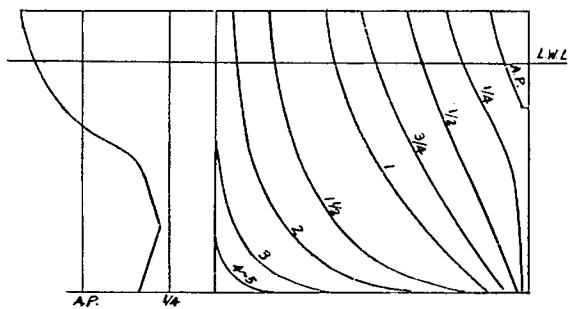


Fig. 3.1-7 M. No. 52-4  
(MODIFIED STERN No. 2)

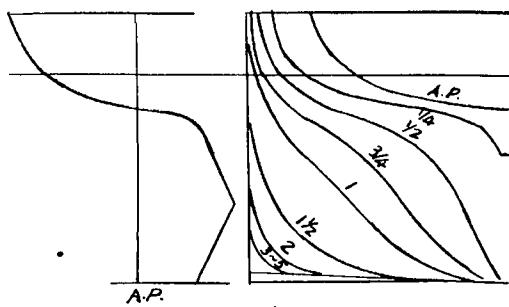


Fig. 3.1-8 M. No. 137  
(MODIFIED STERN No. 3)

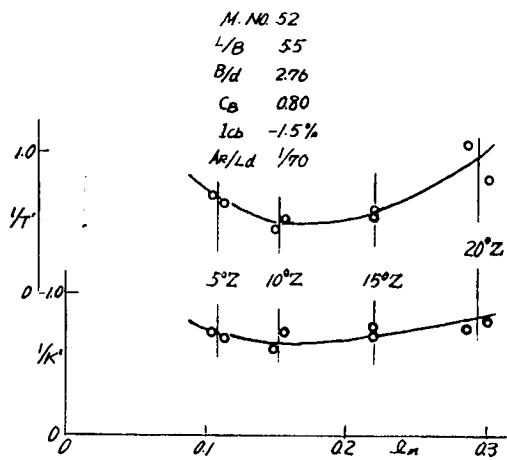


Fig. 3.1-9 M. No. 52 INDEX  $K'$ ,  $T'$  (AN EXAMPLE OF UNCOMMON TREND OF  $K'$ ,  $T'$ )

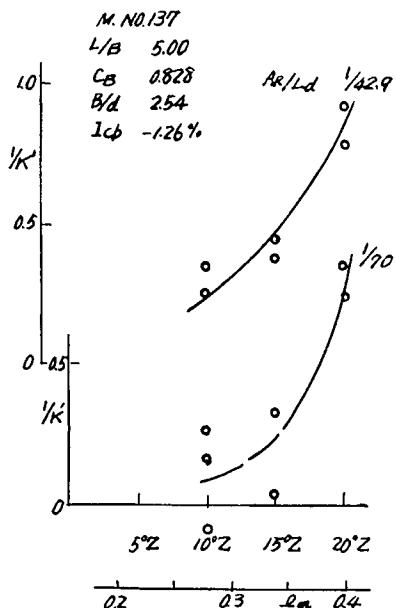


Fig. 3.1-10 M. No. 137 INDEX  $K'$   
(COMMON TREND OF  
 $K'$ , SAME AS SHIP)

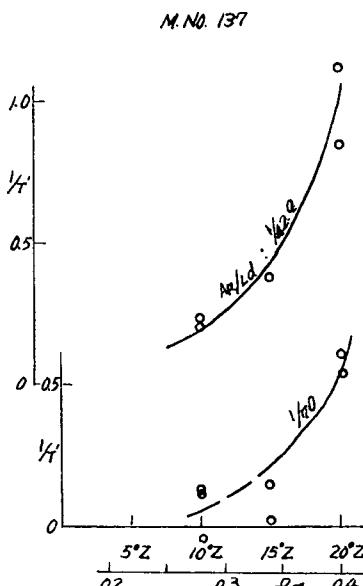


Fig. 3.1-11 M. No. 137 INDEX  $T'$   
(COMMON TREND OF  
 $T'$ , SAME AS SHIP)

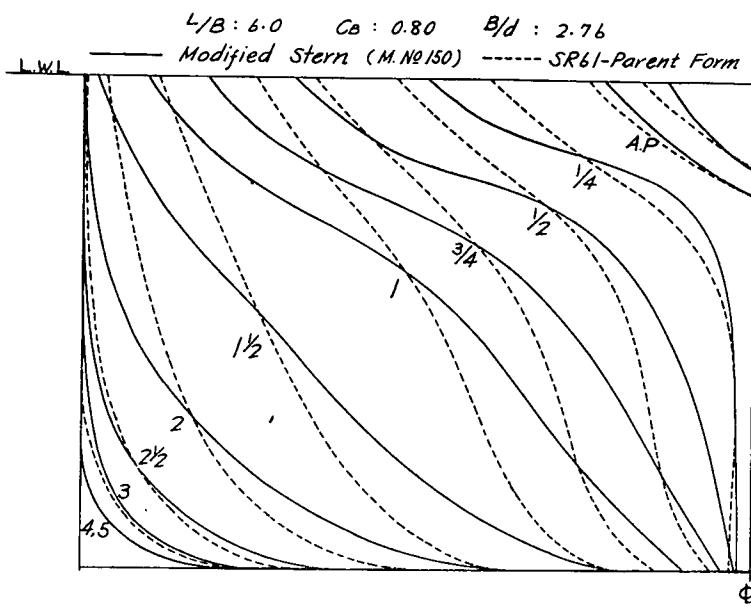


Fig. 3, 1-12

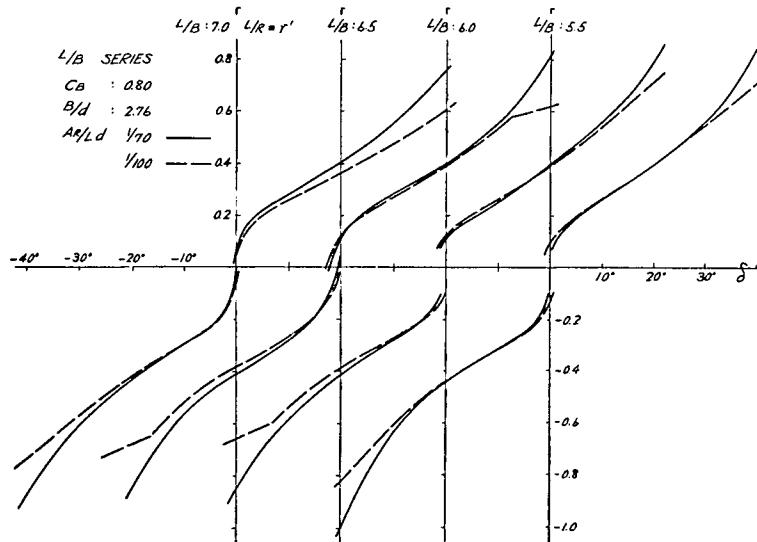


Fig. 3, 1-13  $r'-\delta$  CURVES ( $L/B$  SERIES, TURNING TEST)

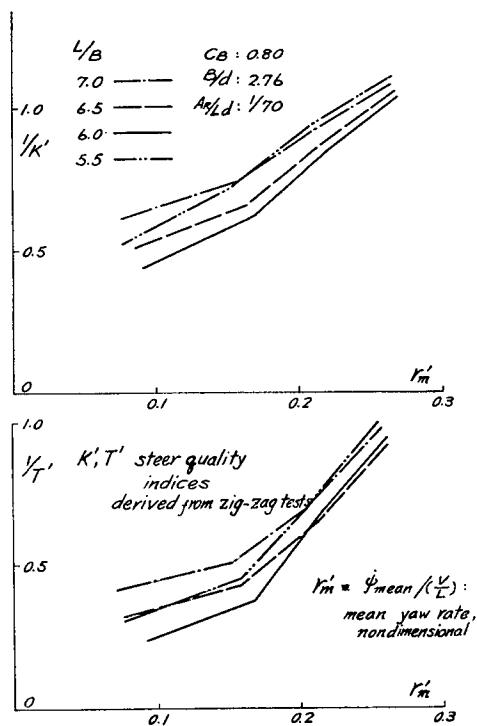


Fig. 3.1-14 INDEX K, T ( $L/B$  SERIES, ZIGZAG TEST)

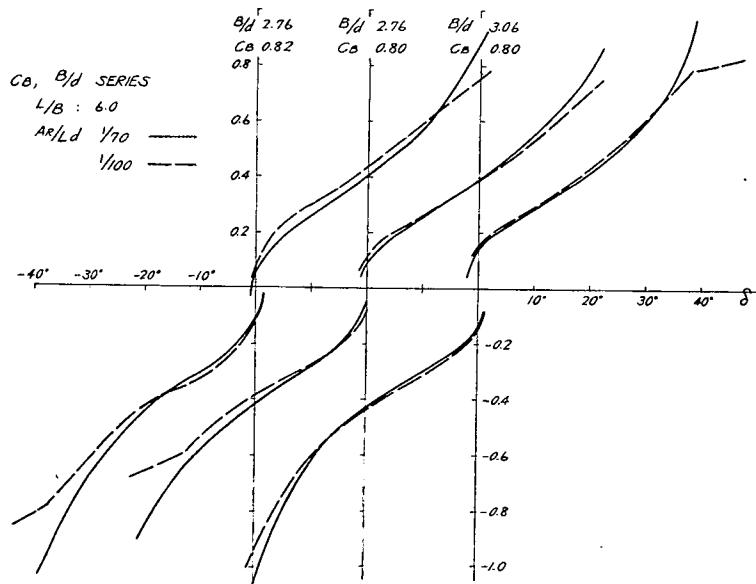


Fig. 3.1-15  $r'$ - $\delta$  CURVES ( $C_B$ ,  $B/d$  SERIES, TURNING TEST)

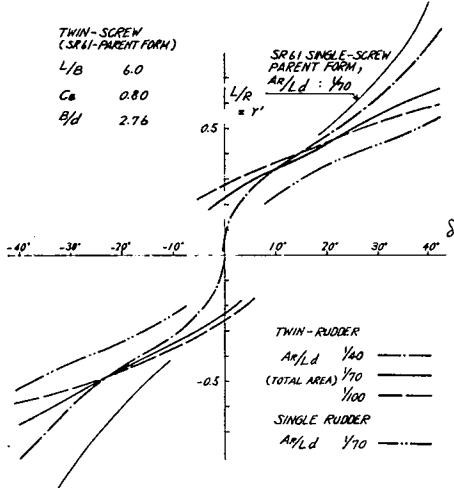


Fig. 3.1-16 INDEX  $K$ ,  $T$  ( $C_B$ ,  $B/D$  SERIES, ZIGZAG TEST)

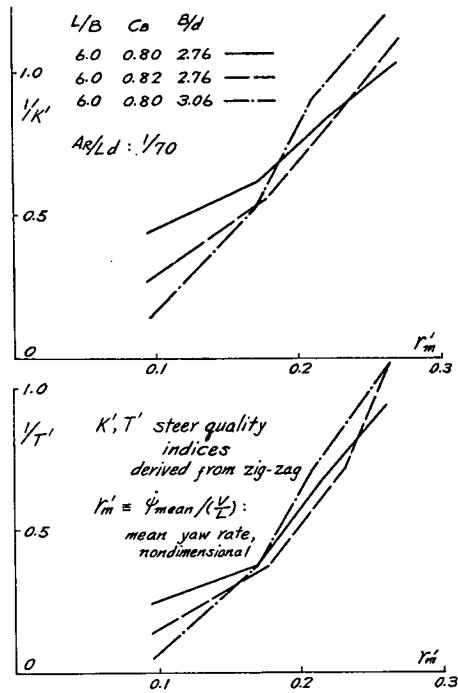


Fig. 3.1-17  $r'/\delta$  CURVES (TWIN SCREW, TURNING TEST)

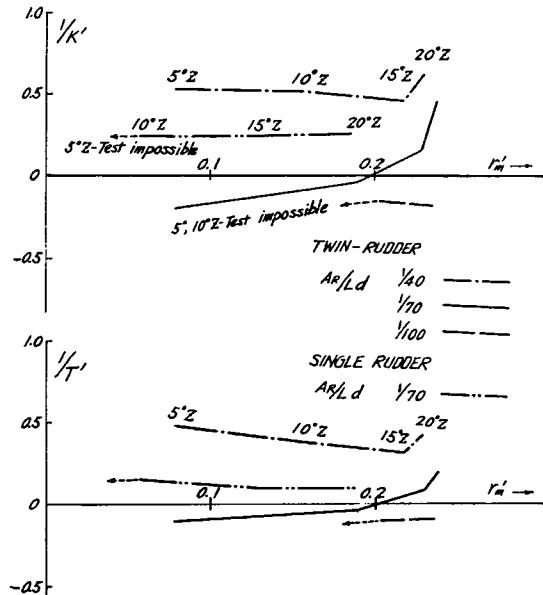


Fig. 3.1-18 INDEX  $K$ ,  $T$  (TWIN SCREW, ZIGZAG TEST)

### 3. 2 旋回、操縦性相關試験

自走模型船を使用して船の操縦性を調査する場合、実船と模型船との運動の対応、これに対する模型寸法の影響は重要な前提条件となる。そこで、I. T. T. C. の国際共同研究に協力し、実船データがそろっており、内外各船型試験機関での模型試験資料が広く収集されるマリナー型貨物船を選び、大小各種の相似模型の旋回試験および一部 Z 試験が行なわれた。

模型船要目、状態ならびに実施場所等を Table 3. 2-1 に示す。Fig. 3. 2-1 に定常旋回試験結果を、Fig. 3. 2-2 に Z 試験結果を示す。この結果によると、模型が小さくなるにしたがって 旋回半径がやや増加する傾向がある。実船の結果はほぼ大型模型の線に近いようにみられるが、この 1 例だけで決定的なことはいい難い。いづれにしても大舵角旋回半径はある程度以上の長さの模型を使えば実用的な精度で推定できると考えてよいようである。

Z 試験は模型 1 隻 ( $L=5.04\text{ m}$ ) についてのみ行ない、実船は舵角  $20^\circ$  のみを実施しているので、比較資料としては不十分であるが、これも  $20^\circ$  程度の大舵角操船では  $4 \sim 5\text{ m}$  模型と実船の対応はかなりよいものと考えてよいようである。

Table 3. 2-1

実 船	$L_{PP} \times B$	160.9 m × 23.2 m					
	dm	7.47 m (Trim; 0.76% $L_{PP}$ aft)					
	△	17,069 k. t.					
	$C_B$	0.60					
	$l_{cb}$	1.6% aft					
	$V$	5, 10, 15, 20 kt					
模型船	$L_{PP}$ (m)	5.04	4.00	2.50	1.80	1.50	1.20
	実施場所	阪大	船研	石橋	九大	東大	船研
	慣性半径	0.24 $L_{PP}$					

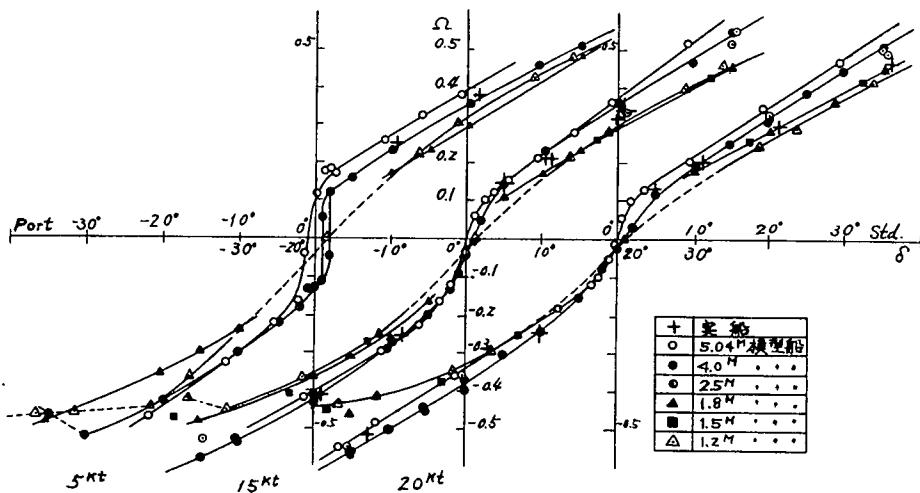


Fig. 3.2-1 RESULT OF MANEUVERABILITY CORRELATION TEST  
(TURNING TEST)

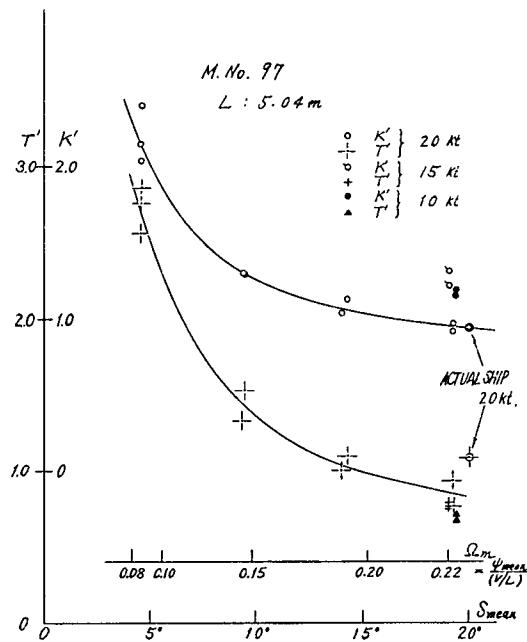


Fig. 3.2-2 RESULT OF MANEUVERABILITY  
CORRELATION TEST  
(ZIGZAG TEST)

## 4 操舵に伴なう馬力変動試験

進路安定の悪い船は自動操舵を行なうと、緩漫な長周期舵行を続けることがよくある。この舵行は同じ周期の操舵を伴ない、これによる馬力損失は相当量に達すると予想され、大型肥大船の操縦性に関する1つの重要な問題と考えられた。

そこで原型模型船 (N. M. No. 1593,  $L_{PP}=6.0\text{ m}$ ,  $L/B=6.0$ ,  $B/d=2.76$ ,  $C_B=0.80$ ) の満載状態についてこの目的の試験が行なわれた。

操舵周期は 15, 30 および 45 sec で、実船長を 240 m と仮定するとそれぞれ約 100, 200, 300 sec に相当し、実船に見られる長周期舵行の周期と同程度となる。

記録の1例を Fig. 4-1 に、試験結果の一覧表を Table 4-1 に示した。この程度の操舵による推進馬力損失は数%から、場合によっては 10% を超えている。現在航洋タンカはすべて自動操舵によって航海しているから、この原因による馬力損失を小さく保つためには十分の考慮が払われるべきである。

Table 4-1

直進時速力 (m/s)	舵 角 (°)	周 期 (s)	最大推力/直進推力
1.15	5	15	1.08
		30	1.11
		45	1.14
1.15	10	15	1.09
		30	1.12
		45	1.15
1.18	15	15	1.12
		30	1.16
		45	1.18
1.18	20	15	1.10
		30	1.18
		45	1.15

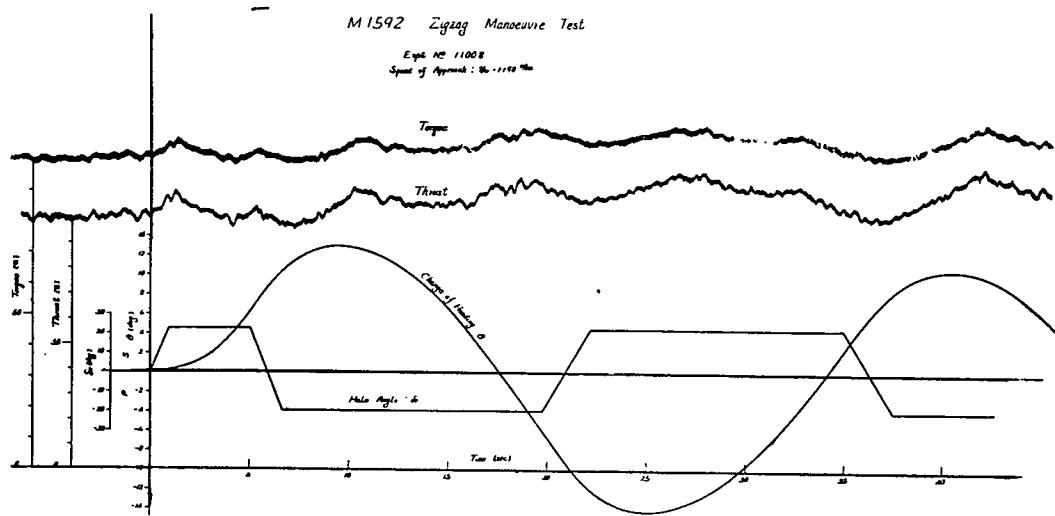


Fig. 4-1 AN EXAMPLE OF RECORD

## 5 結 言

本研究は3年間にわたり、造船所、大学、研究所の総力をあげて行なわれ、大形肥大船型設計の資料が数多く得られた。しかし、大形肥大船型に特有で今後の研究にまつべき問題が幾つか残されたことも事実である。最近の専用船はますます大形広幅化しており、その船型は本研究の枠外にはみ出ようとしている。これに対処するため第98研究部会が設けられ、試験研究の範囲をさらに拡張し、船型設計の資料を充実するよう計画し、これを実行中である。その成果を期待しつつこの報告を終る。

昭和44年3月25日 印刷  
昭和44年3月31日 発行

日本造船研究協会報告 第67号

発行人 背 四 郎

発行所 社団法人 日本造船研究協会

東京都港区芝琴平町35

(船舶振興ビル)8階

電話 (502) 2371~80

内線 (421~429)

印刷所 株式会社 青 光 社

東京都品川区東五反田1-19-7

電話 (441) 0006・4444・2020