

## 第 1 5 4 研究部会

# 幅広肥大船の運航性能に関する研究

## 報 告 書

昭和 50 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

# は し が き

本報告書は、日本船舶振興会の昭和49年度補助事業「巨大タンカーの研究」の一部として、日本造船研究協会が第154 研究部会においてとりまとめたものである。

本研究部会の委員は次の通りである。

## 第154 研究部会委員名簿（敬称略 五十音順）

部会長	元 良 誠 三（東京大学）		
幹 事	井 上 正 祐（九州大学）	岩 田 秀 一（日本海事協会）	
	大 川 喜 伴（住友重機械工業）	岡 本 洋（川崎重工業）	
	小 野 政 雄（三菱重工業）	小 川 陽 弘（船舶技術研究所）	
	北 川 弘 光（船舶技術研究所）	小 山 健 夫（東京大学）	
	瀬 尾 敏 一（日本鋼管）	高 木 又 男（日立造船）	
	田 口 賢 士（大阪府立大学）	玉 木 一 三（三井造船）	
	野 本 謙 作（大阪大学）	松 岡 史 香（佐世保重工業）	
	森 正 彦（石川島播磨重工業）		
委 員	加名生 浩 二（大阪商船三井船舶）	川 原 隆（日本郵船）	
	小谷川 安 正（大阪造船）	小 柳 雅志郎（東京大学）	
	滋 野 正 明（佐野安船渠）	直 井 洋（東京タンカー）	
	花 園 史 郎（函館ドック）		

## 推進性能分科会

委 員	相 原 和 樹（三菱重工業）	浅 野 誠 一（日立造船）	
	家 永 稜 威雄（佐世保重工業）	牛 島 秀 利（住友重機械工業）	
	荻 野 繁 之（佐野安船渠）	岸 讓 四郎（三井造船）	
	北 川 弘 光（船舶技術研究所）	熊 野 厚（日本海事協会）	
	更 田 康 夫（日本鋼管）	玉 井 浩 正（川崎重工業）	
	森 正 彦（石川島播磨重工業）		

## 運動性能分科会

委 員	相 原 和 樹（三菱重工業）	井 上 正 祐（九州大学）	
	岩 田 秀 一（日本海事協会）	小 川 陽 弘（船舶技術研究所）	
	荻 野 繁 之（佐野安船渠）	鬼 木 博 文（川崎重工業）	
	川 隅 一 道（佐世保重工業）	小 山 健 夫（東京大学）	
	須 藤 正 信（日本鋼管）	田 口 賢 士（大阪府立大学）	
	永 松 秀 一（住友重機械工業）	野 本 謙 作（大阪大学）	
	平 野 雅 祥（三井造船）	元 良 誠 三（東京大学）	
	森 正 彦（石川島播磨重工業）	山 田 孝 三郎（日立造船）	

# 目 次

1. 緒 言	1
2. 推進性能に関する研究	2
2.1 多軸船の相似則に関する研究	2
2.2 制限水路における運動性能に関する研究	2
2.2.1 実験状態等	2
2.2.2 実験結果とその考察	2
3. 操縦性に対する船型の影響に関する研究	7
3.1 供試船型の選択	7
3.1.1 系統模型試験の目的	7
3.1.2 系統模型船の要目	7
3.1.3 母型線図、オフセット及び系統模型の船尾形状	10
(1) 1軸船	10
(2) 2軸船	15
3.1.4 プロペラ	17
3.2 自由航走模型による実験	22
3.2.1 船研における実験結果	22
(1) 実験状態及び計測装置等	22
(2) 実験結果	22
3.2.2 大阪大学における実験結果	28
(1) 航跡計測装置	28
(2) 実験結果	28
3.2.3 大阪府立大学における実験結果	28
3.2.4 考 察	35
(1) スパイラル及び逆スパイラル試験	35
(2) Z 試験	41
3.3 拘束模型による実験	45
3.3.1 Quaci-Rotating Arm 装置	45
3.3.2 計測結果及び考察	46
4. 制限水路における運動性能に関する研究	56
4.1 浅水域における自由航走模型実験	56
4.2 拘束模型浅水実験装置の製作	68
5. 結果のまとめと考察	69
5.1 推進性能	69
5.2 操縦性に対する船型の影響	69
5.3 制限水路における運動性能	70

# 1. 緒 言

船舶は大型化に伴って、水深の制約から幅広肥大船型となり、また主機系統その他の制限から多軸となる可能性があり、運航上検討すべき問題がある。

推進性能では、多軸船の相似則およびプロペラ起振力等について検討を行なう必要があり、また浅水域における速力低下、異常沈下等について研究を行なう必要がある。

運動性能では、幅広肥大船型に特徴的に現われる操縦特性における異常現象と制限水路、特に浅水域航行時の操縦性能等について研究を行なう必要がある。

このため本部会では下記の研究を実施し、巨大タンカーの運航特性を明らかにする。

## (1) 推進性能

### ① 多軸船の相似則に関する研究

相似模型船による抵抗自航試験等を行ない、多軸船の相似則を調査検討する。

### ② 制限水路における運航性能に関する研究

制限水路における船の挙動、船の航行が水路に及ぼす影響、風浪階級の比較的低い場合の波浪中の推進、運動特性について検討し、プロペラ起振力等に特異な現象がないかどうか調査する。

## (2) 運動性能

### ① 操縦性能に及ぼす船型特に船尾形状の影響等に関する系統模型試験

なるべく異常現象を起さない船型を母型として  $L/B$ 、 $C_b$ 、 $B/d$ 、 $L/d$  等を変化したシリーズにつき系統的な模型実験を行い、船型による操縦性能の変化を調べると共に、異常現象の発生限界等を調べる。また異常現象を生じた場合に、船尾形状を変化させて異常現象に対する影響を調べる。

また多軸化が予想されるので、2軸船尾についても実験を行なう。

### ② 制限水路における試験

(i) 上記のシリーズモデルの内数隻を選び、自由航走模型により浅水時の操縦性を求める外、拘束模型により浅水域における操縦性デリバティブズを求める。

(ii) CTS 等を予想して、浅水域における波浪中の動揺特性について研究を行なう。

これらの諸問題中、昭和49年度には次のような題目を選んで研究を実施した。

## (1) 推進性能

### ① 多軸船の相似則に関する研究

6 m 模型船 1 隻を用いた相似則試験の予備的研究。

### ② 制限水路に関する研究

制限水路における実験の予備的調査。

## (2) 運動性能

### ① 船型の影響に関する研究

(i)  $L/B$  及び  $B/d$ 、 $L/d$  等を変化した 4 m 模型船 6 隻を用いた自由航走操縦性試験。

(ii) 2.5 m 模型船 2 隻を用いた操縦性デリバティブズ測定。

### ② 制限水路に関する研究

(i)  $L/B$  を変化した 2.5 m 模型船 2 隻による浅水時自由航走試験。

(ii) 浅水域における動揺性能の基礎的研究。

## 2 推進性能に関する研究

### 2.1 多軸船の相似則に関する研究

タンカーの大型化に伴い、その主機、軸系上の制約から、超大型タンカーは多軸船となる可能性がある。多軸タンカーの船型、軸数を変化させ、最適な軸配置、船型を求めるとも重要ではあるが、ここでは、大型肥大タンカーの運航性能研究上の一課題として、2軸船型1例につき、その相似則に限定して研究を行うこととした。

船型としては「操縦性能に対する船型影響に関する研究」において用いられる系統的模型船の中から、2軸船シリーズの母型、 $L/B=5.0$ 、 $B/d=2.73$ 、 $L/d=13.65$ を選定した。線図、オフセット等は、3.1.3項、また、プロペラ要目等については3.1.4項にて触れる。

初年度においては、上記母型の6m模型船を製作し、次年度以降に実施が予定されている相似模型船群による相似則の研究に備えて、船舶技術研究所第2船舶試験水槽において予備的な実験を行い、本船型で危惧される不安定現象の有無を確認することとした。

しかし、船研第2船舶試験水槽常備機器の故障により当水槽における模型試験の実施は大幅に遅れ、目下実験中である。

### 2.2 制限水路における運航性能に関する研究

タンカーの大型化に伴い、その航路は相対的に浅水域となり、浅水域における巨大タンカーの運航性能は、安全性の確保の上からも重要なものと考えられる。本年度においては、船舶技術研究所第3船舶試験水槽における模型実験に用いる浅水用桁の調整、実験手順の確認などを行った。

なお、鉾石専用船笠木山丸模型を用いて、浅水時の抵抗、自航試験を行ったので、参考のためその結果を簡単に述べておく。

#### 2.2.1 実験状態等

供試模型船は鉾石専用船笠木山丸4.5m(M.K-45)および3m(M.K-30)模型であり、その主要目を表2.2.1に、実験状態を表2.2.2に示す。実験は抵抗試験を主体に、4.5m模型については自航試験を併せ行った。計測項目は、抵抗、自航諸量およびトリムであり、抵抗計測には、重力式動力計を併用した。

#### 2.2.2 実験結果とその考察

全抵抗係数 $r_T$ を、図2.2.1～図2.2.3に、推力係数 $t' = T/\rho V^2 \nabla^{2/3}$ 、伴流係数 $1-w$ 、プロペラ効率 $\eta_0$ 、プロペラ効率比 $\eta_R$ を図2.2.4および図2.2.5に示す。プロペラ単独性能および摩擦修正量としては、深水時の値を用いた。船首尾における沈下量 $d_F$ および $d_A$ を図2.2.6～2.2.7に示す。

巨大船の運航状況から見ると、船がCritical speed,  $V = \sqrt{gh}$  ( $h$ :水深)に達することは希れであり、一般には、 $F_{nh} = V/\sqrt{gh} \sim 0.8$ 以下の場合が問題となる。模型実験の結果から見れば、造波現象に浅水影響が現われるのは $F_{nh} \geq 0.65$ であることもあり、通常の場合、巨大船の抵抗に及ぼす浅水影響は、主として粘性抵抗の増加として現われることが判る。

船の浅水域における姿勢変化は、実際上最も重要な問題である。一般には、低速より  $F_{nh} \leq 0.8$  では船首トリムが次第に増大し、 $F_{nh} \sim 0.8$  で急激な姿勢変化が起り、船尾の急激な沈下が生じて、いわゆる stern squat の状態になる。 $F_{nh}$  では、深水時におけるトリムの傾向が、かなり支配的であり、プロペラの影響は、船尾沈下量に主として現われることが判った。

表 2.2.1 主 要 目

Items		Ship	Model
Length betw. P.P. (Lpp)		247.000m	4.5000m
Breadth Mld. (B)		40.600m	0.7397m
Depth Mld. (D)		23.000m	0.4190m
Draft Mld. (d)		16.000m	0.2915m
Displacement (W)		135,950 <sup>ton</sup>	0.8013 <sup>ton</sup>
Block Coefficient (Cb)		0.8243	0.8243
C.G. from Midship (Gg)		fore 7.301m	fore 0.1330m
C.G. from Keel (KG)		12.280m	0.239m
Metacentric Radius (GM)		4.130m	0.069m
Longi. Gyradius (KL)		0.2362 <sup>Lpp</sup>	0.238 <sup>Lpp</sup>
Trans. Gyradius (Kt)		0.2300 <sup>B</sup>	0.360 <sup>B</sup>
Rolling Period (TR)		11.04 <sup>Sec.</sup>	2.01 <sup>Sec.</sup>

表 2.2.2 実 験 状 態

M. K-45 L = 4.5m d = 0.2915m $A_m = 0.2151 \text{ m}^2$				
WATER DEPTH, h(m)	1.0125	0.675	0.450	0.300
$\sqrt{gh}$	3.150	2.572	2.100	1.715
BOTTOM CLEARANCE, f(m)	0.7210	0.3635	0.1585	
h/d	3.473	2.316	1.544	
$\sqrt{A_m}/h$	0.458	0.687	1.031	
$A_m/wh$ , w = 7.5m	0.0283	0.0425	0.0637	
$\nabla/(wh)^{3/2}$	0.0139	0.0703	0.1292	
KIND OF EXPERIMENT	R, S.P.	R, S.P.	R, S.P.	
M. K-30 L = 3.0m d = 0.1943m $A_m = 0.0956 \text{ m}^2$				
f		0.4807	0.2557	0.1057
h/d		3.474	2.316	1.544
$\sqrt{A_m}/h$		0.458	0.687	1.031
$A_m/wh$		0.0139	0.0283	0.0425
$\nabla/(wh)^{3/2}$		0.0208	0.0383	0.0703
KIND OF EXPERIMENT		R	R	R

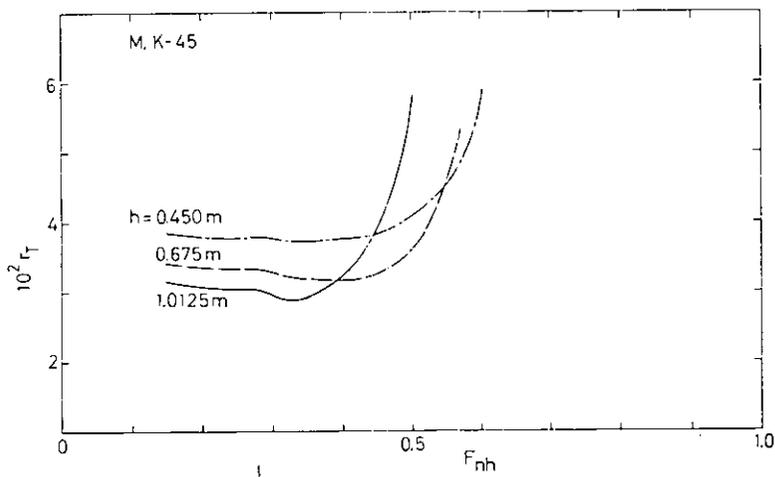


图 2.2.1 全抵抗系数 (M. K-45)

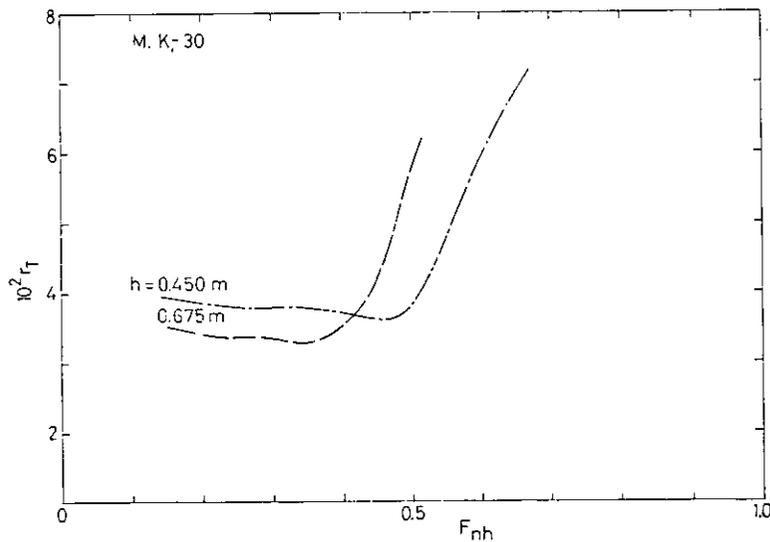


图 2.2.2 全抵抗系数 (M. K-30)

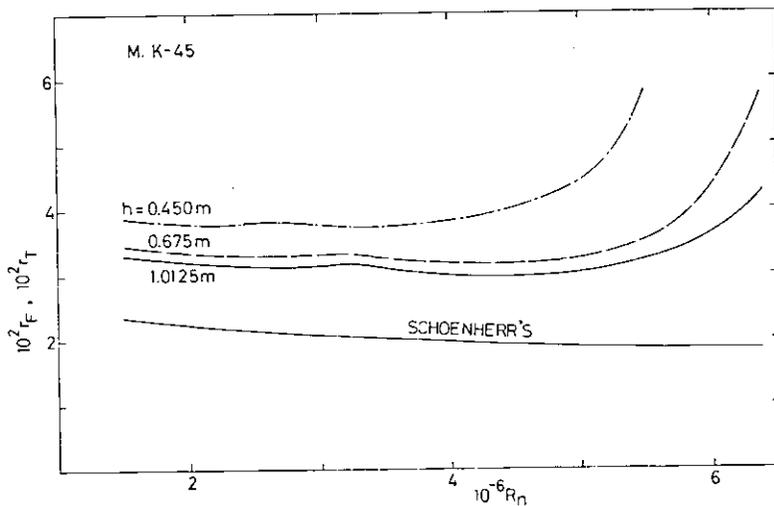


图 2.2.3 全抵抗系数 (M. K-45)

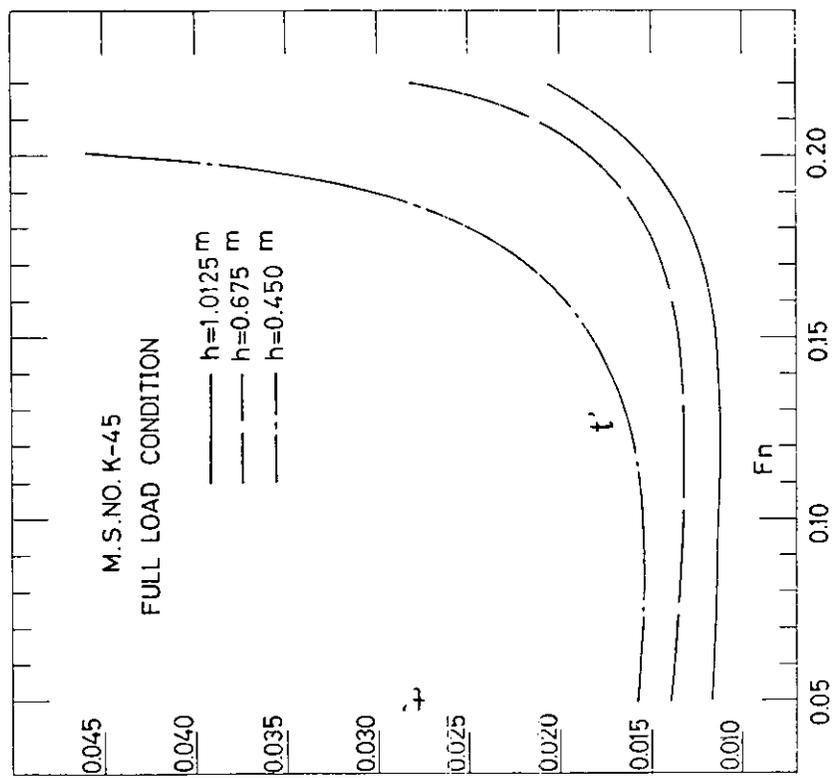


图 2.2.4 推力系数

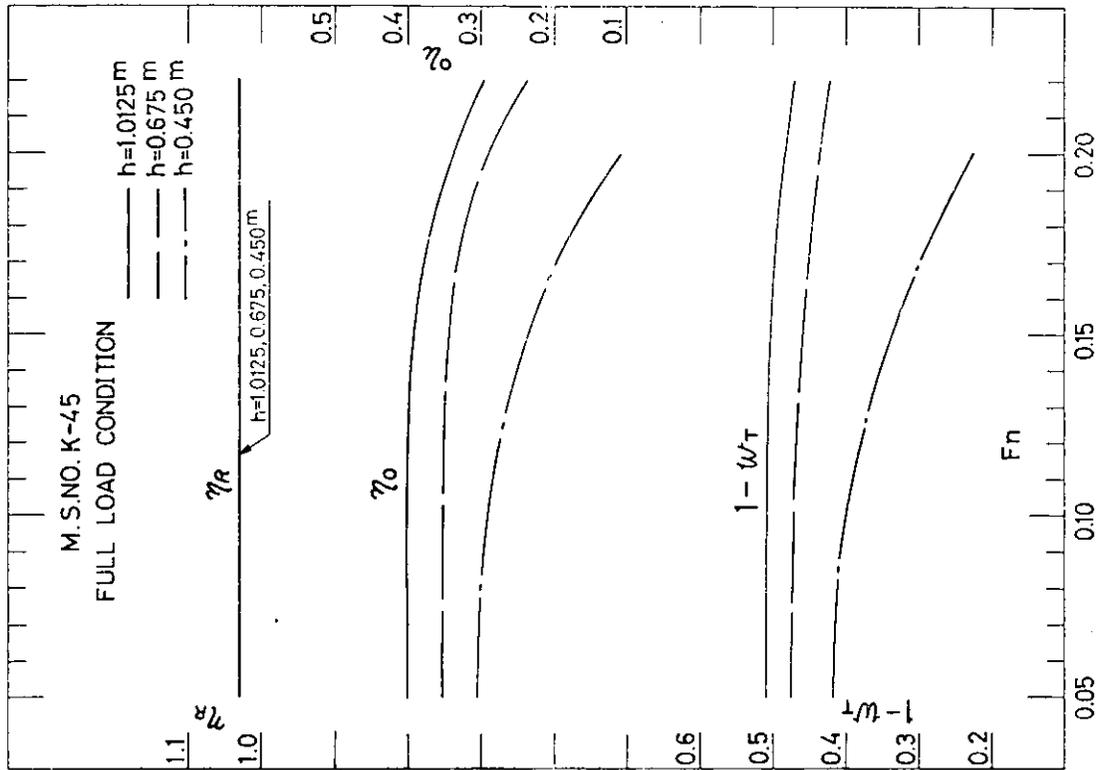


图 2.2.5 自航要素

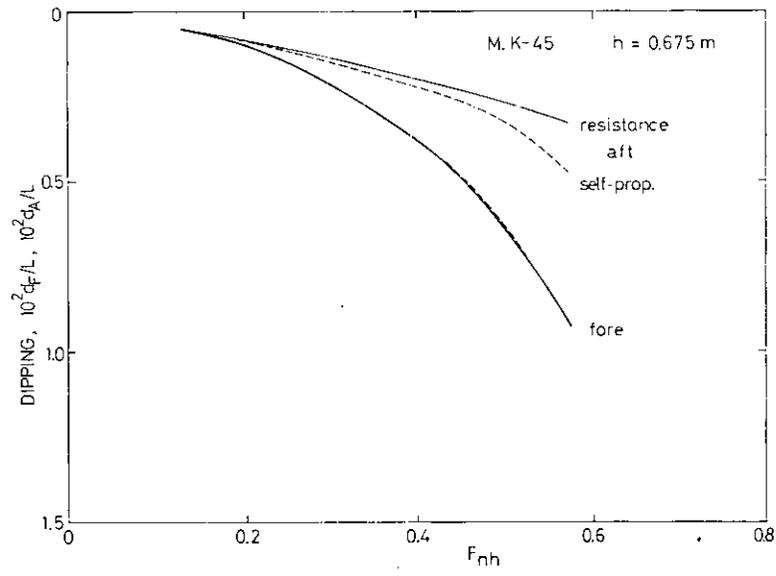


图 2.2.6 沈下量 (水深 0.675 m)

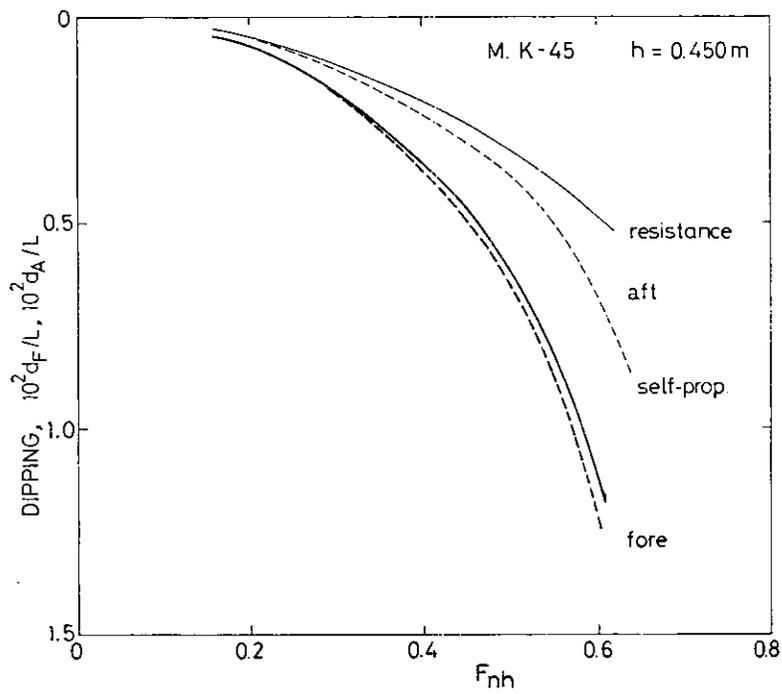


图 2.2.7 沈下量 (水深 0.450 m)

### 3 操縦性に対する船型の影響に関する研究

#### 3.1 供試船型の選択

##### 3.1.1 系統模型試験の目的

巨大タンカーの操縦性能を取り上げるに当たって二つの大きい問題がある。一つは、この種の船舶に想定される肥大船型 — 小さい  $L/B$  と大きい  $C_B$  — が操縦性に与える影響であり、もう一つは模型実験から実船性能を推定するに当たっての縮率影響である。そしてこの両者とも肥大船型の船尾流場の特異な構造に関連が大きい。

しかもこの流場は、水の粘性が支配的な影響をもつので、そのすじ道の立った分析が大変困難である。

この背景のもとにこの部会が取った系統模型試験の方針は、「なるべく異常安定傾向を示さない船型について、まず  $L/B$ 、 $B/d$ 、 $L/d$  など船型のプロポーションが操縦性能に与える影響を調査する」ことであった。

ここで異常安定とは、肥大船型によく見られるもので、運動のゆるやかな部分で著しく針路安定になる現象である。そして往々にして操縦特性の不規則性 — 一意性のなさ — を併せもつ。この現象は粘性支配の強い船尾流場の構造に由来すると推定されており、したがって模型船でこの傾向を示しても実船でそうなるとは限らず、極端な縮率影響の原因になることがある。又、この傾向の著しい船型においては  $L/B$  その他のプロポーションが操縦性におよぼす影響にも一定の傾向が把握しがたく、迷路に迷いこむおそれが強い。この理由から上記の方針に沿ってまず大まかな船型要素の影響を調査することから出発しようとするようになった。

次の問題は、異常傾向のない船型の選定である。すでに述べたところからして、この選定はもっぱら従来の実績に頼らざるを得ない。その実績が往々にして説明に苦しむような矛盾を含んでいるのではあるが、現在の知見からすればやむを得ないものと考えた。

数種の船型を検討した結果、一軸船および二軸船について 3.1.2 ならびに 3.1.3 に示す要目と船型を決定した。

##### 3.1.2 系統模型船の要目

まづ供試模型船群の対象となる実船の主要目を選定するにあたって基本条件を下記の如く定めた。

- (1) 排水容積  $\nabla = 1.200.000 m^3$  (全船型に対し一定)
- (2)  $\frac{L}{B} = 5.0$  の船型を母型とし、その吃水を  $34.70$  とする。
- (3)  $C_B = 0.820$  (全船型に対し一定)

この条件の下に  $\frac{L}{B} = 4.0$ 、 $5.0$ 、 $6.0$  の船型群の主要目を調査したが、その際更に (A)  $\frac{B}{d}$  : 一定、(B)  $\frac{L}{d}$  : 一定、(C)  $d$  : 一定 とした 3 ケースについて検討を行った。

この結果を表 3.1.1 に、また、それぞれのケースについての主要目比の変化状況を図 3.1.1 に示す。

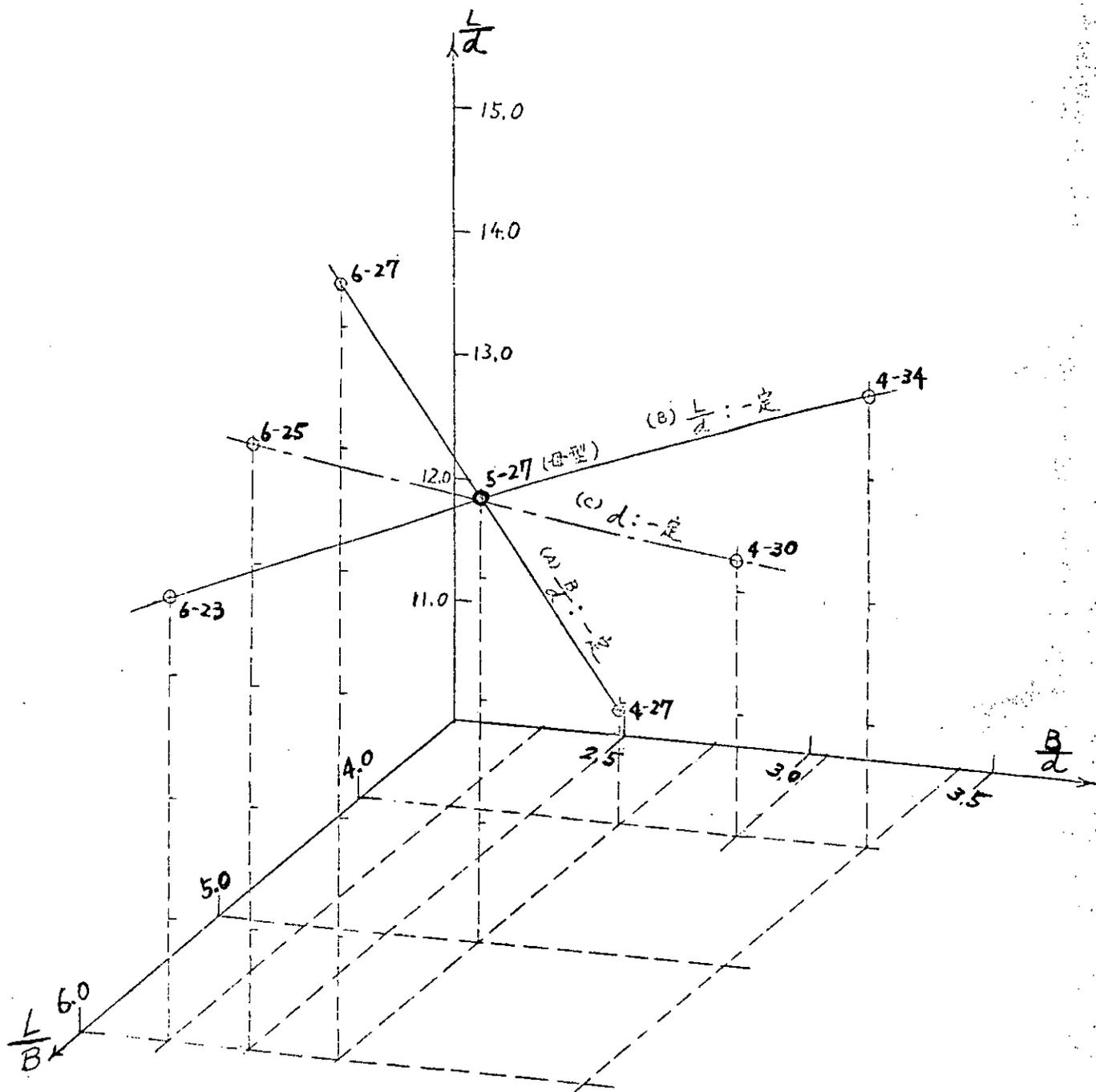
同図からみると、(C) のケースは (A)(B) 両ケースの中間に存在し、且つ现阶段では実船としての吃水  $34.70$  も確定的なものではないこと及び可能な限り広範囲の主要目変化に対して系統的試験を行っておくという主旨から、母型及び (A)(B) の両ケースの合計 5 船型を本研究の対象実船として選定した。

なお、各船型はそれぞれの $\frac{L}{B}$ と $\frac{B}{d}$ の値を用いて呼称することとし、その名称を表3.1.1の船型呼称欄に示す。

上記5船型の自航模型船はすべて長さ4.0<sup>m</sup>とし、その主要目及び実船寸法に対する縮率を同じく表3.1.1に示す。

表 3. 1. 1

項目 \ 条件		母 型	(A) $\frac{B}{d}$ : 一定		(B) $\frac{L}{d}$ : 一定		(C) 実船 d : 一定	
			5-27	6-27	4-27	6-23	4-34	6-25
想 定 実 船	L <sub>pp</sub> (m)	464	524	400	493	431	509	415
	B <sub>MLD</sub> (m)	928	874	1000	822	1077	848	1038
	d <sub>MLD</sub> (m)	340	320	366	361	316	340	340
	c <sub>b</sub>	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820
	L/B	5.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0
	B/d	2.73	2.73	2.73	2.28	3.41	2.50	3.05
	L/d	13.65	16.37	10.93	13.65	13.65	14.97	12.20
模 型 船	L <sub>m</sub> (m)	4000	4000	4000	4000	4000	/	
	B (m)	0.800	0.667	1.000	0.667	1.000		
	d (m)	0.293	0.244	0.366	0.293	0.293		
	縮率 (L/L <sub>m</sub> )	116	131	100	123	108		



注：各船型に付した符号は  
船型呼称名を示す。

図 3.1.1

### 3.1.3 母型線図、オフセット及び系統模型の船尾形状

#### (1) 1軸船

系統的模型試験の母型としては、4 m、10 m、30 m 模型船による操縦性試験において異常安定現象の見られなかった日立造船の  $L/B=5$ 、D.W. 40 万トン型船型（日本造船学会論文集 134 号(17)、(39)の論文に発表のもの）をベースとし、これに本部会の目的に沿うよう下記の変更を行い、より一般化した船型に修正したものを採用した。

- (a) マリーナ型船尾を逆 G 型船尾に変更する。（マリーナ型舵を通常のバランス舵に変更）
- (b) 船首バルブなしを一般的な船首バルブ付に変更する。
- (c)  $C_b$  を 0.83 から 0.82 に減少させる。（系統模型船が  $L/B=4$  に及ぶことを考慮）
- (d)  $B/d$  を 3.16 から 2.73 に変更する。（100 万トン型実船の喫水として  $d=34\text{m}$  を想定）

この際、原型のフレームライン形状の変更は必要最小限にとどめるよう配慮した。

母型の線図を図 3.1.2、図 3.1.3（巻末に添付）に、そのオフセットを表 3.1.2 に示す。

系統模型各船型のオフセットは、母型をベースに、幅方向は船の幅の比で、深さ方向は喫水の比で変化させて作成したが、ビルジサークルの半径については両者の比の平均値を用いて増減させた。

母型および系統模型の舵および船尾形状は下記の通り定めた。

- (a) 舵面積比（ $A_R/Ld$ ）は系統模型船の要目及び最近の実績値などを考慮し、船型寸法比の操縦性に与える影響を見るという見地から、各船型ともに  $A_R/Ld=2.0\%$ （ $1/50$ ）、（ $A_R$  は可動部面積）とする。

- (b) 舵の高さ／プロペラ直径は母型及び系統模型各船型ともに一定とする。

- (c) 舵の厚幅比（ $t/l$ ）は  $1/6.5$  とし、断面形状は造船設計便覧（関西造船協会）P. 411

図 118 (1) にらう。

- (d) シヤフトセンター高さは母型でベースライン上  $95\text{mm}$  とし、系統模型各船においてもシヤフトセンター高さ／喫水は一定とする。

- (e) 系統模型船の船尾形状及び舵形状のプロファイルは母型をベースとし、喫水の比で変化させる。

5-27 船型（母型）、6-27 船型及び 4-27 船型の船尾及び舵形状を、それぞれ図 3.1.4、図 3.1.5、図 3.1.6 に示す。なお、6-23 船型及び 4-34 船型の船尾及び舵形状は、これら模型船の喫水が同一のため、5-27 船型（母型）と同一である。

表 3.1.2 OFF SETS TABLE  
( HALF BREADTH )

UNIT: METER

SR-154 L/B=5 4M-MODEL 5-27 船型(母型)

WATER LINE NO. / ORD.	BASE L.	1/3 WL	2/3 WL	1 WL	2 WL	3 WL	4 WL	5 WL	6 WL	7 WL	8 WL	9 WL	10 WL	11 WL	12 WL	13 WL	14 WL	15 WL	WATER LINE NO. / ORD.
A		0.01	0.02	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	A
A.P.												0.0448	0.0912	0.1320	0.1662	0.1918	0.2110	0.2272	A.P.
1/4								0.0832	0.0313	0.0810	0.1555	0.2428	0.3115	0.3672	0.4000	0.4000	0.2545	0.2660	1/4
1/2	0.0175	0.0219	0.0254	0.0289	0.0365	0.0430	0.0510	0.0650	0.0870	0.1185	0.1555	0.1885	0.2171	0.2428	0.2636	0.2795	0.2912	0.3000	1/2
3/4	0.0202	0.0398	0.0504	0.0580	0.0753	0.0893	0.1059	0.1283	0.1569	0.1880	0.2170	0.2425	0.2640	0.2830	0.2990	0.3115	0.3210	0.3282	3/4
1	0.0318	0.0668	0.0812	0.0925	0.1173	0.1380	0.1604	0.1868	0.2151	0.2425	0.2660	0.2850	0.3014	0.3153	0.3274	0.3369	0.3341	0.3500	1
1 1/2	0.0782	0.1338	0.1565	0.1725	0.2063	0.2320	0.2568	0.2806	0.3018	0.3192	0.3340	0.3461	0.3550	0.3618	0.3672	0.3722	0.3761	0.3791	1 1/2
2	0.1469	0.2095	0.2350	0.2520	0.2856	0.3082	0.3270	0.3429	0.3552	0.3654	0.3739	0.3799	0.3843	0.3880	0.3904	0.3920	0.3936	0.3950	2
2 1/2	0.2228	0.2792	0.3002	0.3150	0.3430	0.3592	0.3710	0.3799	0.3863	0.3912	0.3950	0.3970	0.3988	0.3997	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	2 1/2
3	0.2901	0.3332	0.3483	0.3591	0.3785	0.3880	0.3937	0.3972	0.3990	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	3
3 1/2	0.3394	0.3685	0.3790	0.3860	0.3962	0.3990	0.3998	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	3 1/2
4	0.3634	0.3888	0.3952	0.3984	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	4
5	0.3670	0.3905	0.3972	0.3999	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	5
6	0.3670	0.3905	0.3972	0.3999	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	6
7	0.3670	0.3905	0.3972	0.3999	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	7
7 1/2	0.3640	0.3879	0.3950	0.3988	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	7 1/2
8	0.3470	0.3720	0.3810	0.3862	0.3948	0.3980	0.3991	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	8
8 1/2	0.3071	0.3360	0.3472	0.3551	0.3705	0.3790	0.3840	0.3869	0.3888	0.3898	0.3905	0.3911	0.3919	0.3922	0.3930	0.3938	0.3940	0.3950	8 1/2
9	0.2335	0.2680	0.2812	0.2905	0.3082	0.3190	0.3256	0.3299	0.3331	0.3361	0.3390	0.3415	0.3438	0.3460	0.3480	0.3500	0.3528	0.3549	9
9 1/4	0.1820	0.2479	0.2310	0.2403	0.2560	0.2692	0.2768	0.2815	0.2851	0.2889	0.2925	0.2961	0.2995	0.3022	0.3051	0.3080	0.3110	0.3142	9 1/4
9 1/2	0.1224	0.1570	0.1700	0.1790	0.1965	0.2070	0.2132	0.2172	0.2202	0.2231	0.2261	0.2295	0.2329	0.2365	0.2408	0.2450	0.2490	0.2531	9 1/2
9 5/8	0.0912	0.1238	0.1370	0.1462	0.1631	0.1720	0.1768	0.1790	0.1802	0.1811	0.1822	0.1842	0.1875	0.1920	0.1969	0.2020	0.2076	0.2130	9 5/8
9 3/4	0.0591	0.0915	0.1045	0.1135	0.1295	0.1364	0.1386	0.1379	0.1354	0.1327	0.1310	0.1315	0.1342	0.1382	0.1438	0.1502	0.1580	0.1661	9 3/4
9 7/8	0.0284	0.0610	0.0740	0.0824	0.0968	0.1014	0.1001	0.0956	0.0881	0.0798	0.0735	0.0709	0.0719	0.0756	0.0821	0.0904	0.1001	0.1108	9 7/8
F.P.		0.0330	0.0453	0.0532	0.0653	0.0675	0.0625	0.0520	0.0378	0.0228	0.0108	0.0039	0.0025	0.0060	0.0132	0.0232	0.0345	0.0468	F.P.
F.1		0.0205	0.0320	0.0398	0.0510	0.0519	0.0445	0.0310	0.0141										F.1
F.2		0.0078	0.0198	0.0272	0.0369	0.0368	0.0278												F.2
F.3		0.0065	0.0141	0.0238	0.0229														F.3

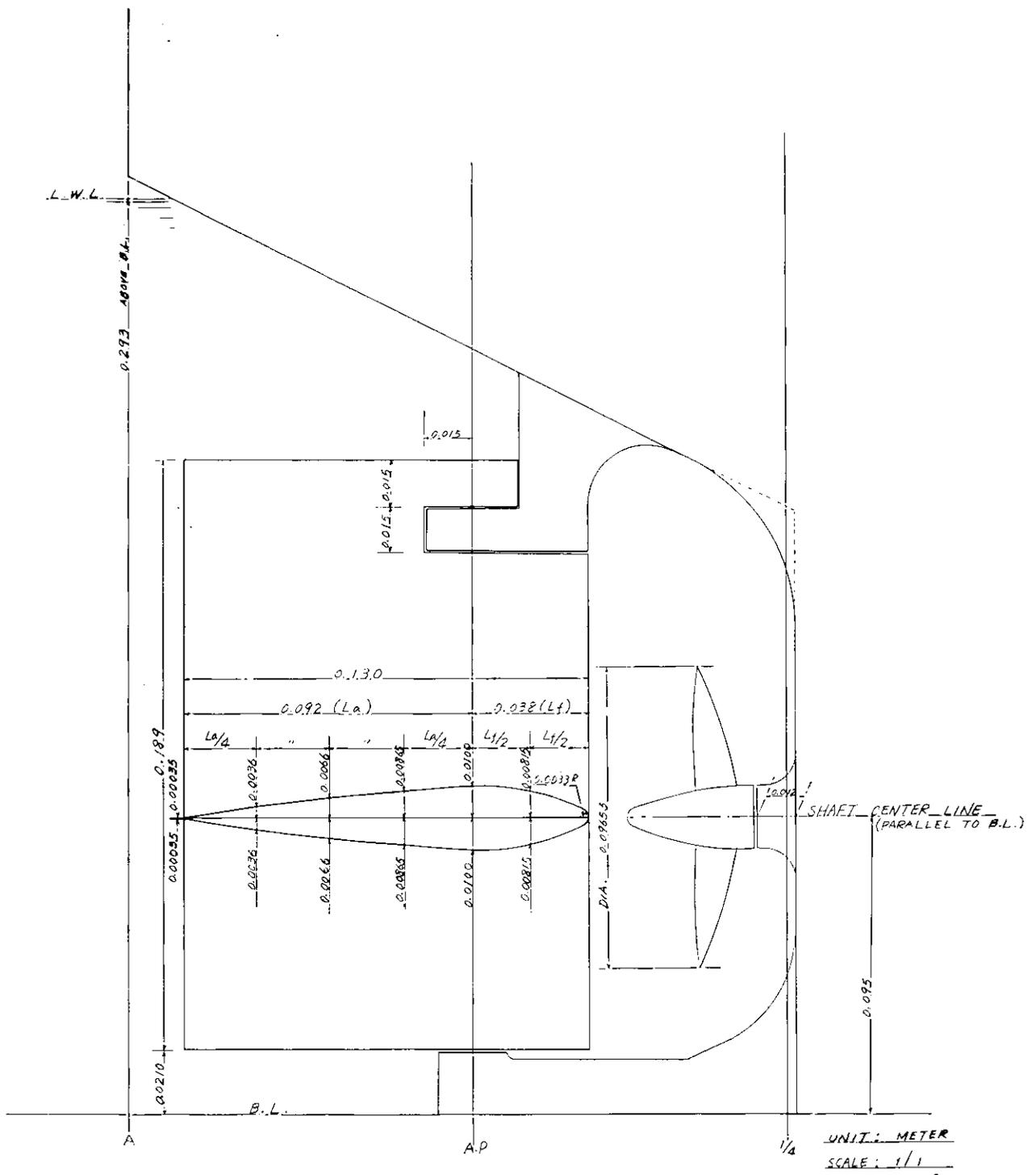


図 3.1.4 SR-154 5-27 船型 (母型) 船尾及び舵形状



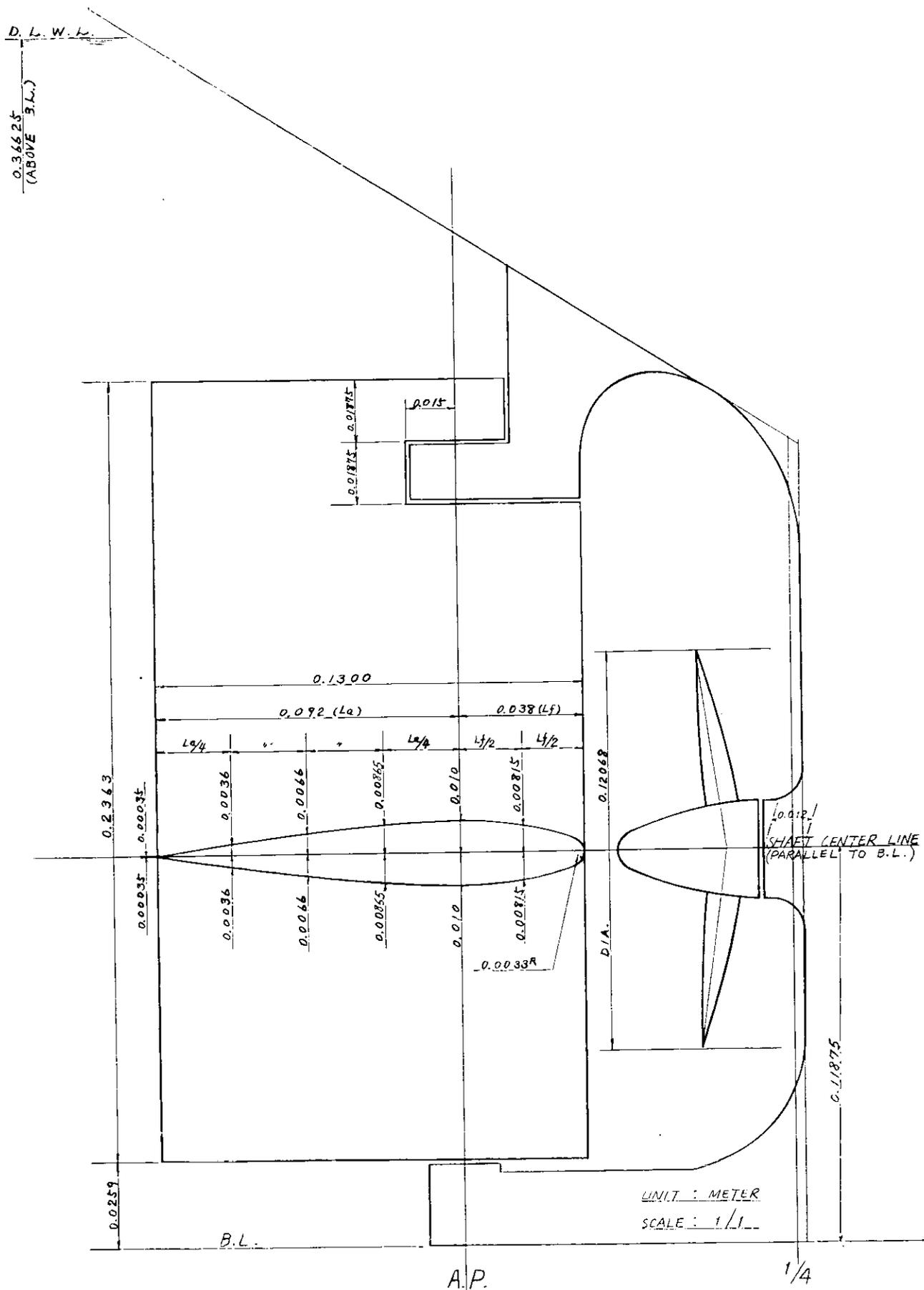


图 3.1.6 SR154 4-27 船型 船尾及舵形状

(2) 2 軸船

2 軸船母型は過去の模型試験で素直な不安定現象を示した船型を採用した。但し前半部は前述の 1 軸母型と同一とし、後半部は選定した原型と母型との主要寸法比が異なるため(表 3.1.3 参照)下記の修正をした。

- (i) 後半部の排水量分布を 1 軸母型に合わせた。
- (ii) bilge circle, rise of floor を 1 軸母型に合わせた。
- (iii) 後半部 frame line は 2 軸原型の傾向を保った。
- (iv) stern profile は船長及び深さ方向の相対位置を原型に合わせた。

2 軸船母型の offset を表 3.1.4 に、後半部線図を図 3.1.7、図 3.1.8 に、stern profile を図 3.1.9 に示す。(図は巻末に添付)

尚、舵面積比は  $1/50$  (可動部)とし、舵断面形状には NACA0018 を採用した。

表 3.1.3  
原型及び母型の主要寸法比

	原 型	SR154 母 型
L/B	6.43	5.0
B/d	2.93	2.73
L/d	18.85	13.65
C <sub>b</sub>	0.837	0.82
l <sub>cb</sub>	-2.64 ‰	-2.99 ‰
* Bilge R	23.3 $\frac{m}{m}$	33.0 $\frac{m}{m}$
* Rise of floor	2.5 $\frac{m}{m}$	0 $\frac{m}{m}$

\* 模型長さ 4M000 に対応する値を示す。

表 3. 1. 4

SR-154 L/B=5 (TWIN) 4M MODEL

WATER LINE No. / ORD.	BASE L.	1/3 WL	2/3 WL	1 WL	2 WL	3 WL	4 WL	5 WL	6 WL	7 WL	8 WL	9 WL	10 WL	11 WL	12 WL	13 WL	14 WL	15 WL	WATER LINE No. / ORD.
B																			B
A																			A
A.P.																			A.P.
1/4										0.0210	0.0405	0.0620	0.0825	0.1035	0.1225	0.1390	0.1530	0.1660	1/4
1/2		0.0125	0.0155	0.0195	0.0355	0.0540	0.0730	0.0930	0.1130	0.1330	0.1530	0.1735	0.1935	0.2135	0.2305	0.2465	0.2600	0.2730	1/2
3/4	0.0165	0.0325	0.0450	0.0545	0.0795	0.1015	0.1230	0.1435	0.1630	0.1825	0.2015	0.2205	0.2385	0.2570	0.2720	0.2865	0.2990	0.3115	3/4
1	0.0225	0.0600	0.0785	0.0925	0.1255	0.1505	0.1725	0.1925	0.2115	0.2285	0.2455	0.2620	0.2770	0.2930	0.3070	0.3185	0.3295	0.3395	1
1 1/2	0.0530	0.1225	0.1515	0.1725	0.2130	0.2380	0.2585	0.2765	0.2915	0.3060	0.3185	0.3300	0.3400	0.3490	0.3570	0.3640	0.3700	0.3700	1 1/2
2	0.1135	0.1935	0.2275	0.2495	0.2875	0.3120	0.3290	0.3420	0.3520	0.3610	0.3675	0.3735	0.3790	0.3835	0.3870	0.3905	0.3945	0.3960	2
2 1/2	0.1990	0.2660	0.2955	0.3150	0.3450	0.3620	0.3730	0.3805	0.3860	0.3900	0.3930	0.3950	0.3970	0.3985	0.3995	0.4000	0.4000	0.4000	2 1/2
3	0.2810	0.3265	0.3470	0.3595	0.3795	0.3890	0.3940	0.3970	0.3985	0.3995	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	3
3 1/2	0.3365	0.3670	0.3795	0.3865	0.3960	0.3995	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	3 1/2
4	0.3600	0.3870	0.3945	0.3980	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	4
5	0.3670	0.3905	0.3972	0.3999	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6
7	0.3670	0.3905	0.3972	0.3999	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	7
7 1/2	0.3640	0.3879	0.3950	0.3988	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	7 1/2
8	0.3470	0.3720	0.3810	0.3862	0.3948	0.3980	0.3991	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0.3911	0.3919	0.3922	0.3930	0.3938	0.3946	8
8 1/2	0.3071	0.3360	0.3472	0.3551	0.3705	0.3790	0.3840	0.3869	0.3888	0.3898	0.3905	0.3911	0.3919	0.3922	0.3930	0.3938	0.3946	0.3950	8 1/2
9	0.2335	0.2680	0.2812	0.2905	0.3082	0.3190	0.3256	0.3299	0.3331	0.3361	0.3390	0.3415	0.3438	0.3460	0.3480	0.3500	0.3528	0.3549	9
9 1/4	0.1820	0.2179	0.2310	0.2403	0.2580	0.2692	0.2768	0.2815	0.2851	0.2889	0.2925	0.2961	0.2995	0.3022	0.3051	0.3080	0.3110	0.3142	9 1/4
9 1/2	0.1224	0.1570	0.1700	0.1790	0.1965	0.2070	0.2132	0.2172	0.2202	0.2231	0.2261	0.2295	0.2329	0.2365	0.2408	0.2450	0.2490	0.2531	9 1/2
9 5/8	0.0912	0.1238	0.1370	0.1462	0.1631	0.1720	0.1768	0.1790	0.1802	0.1811	0.1822	0.1842	0.1875	0.1920	0.1969	0.2020	0.2076	0.2130	9 5/8
9 3/4	0.0591	0.0915	0.1045	0.1135	0.1295	0.1364	0.1386	0.1379	0.1354	0.1327	0.1310	0.1315	0.1342	0.1382	0.1438	0.1502	0.1580	0.1661	9 3/4
9 7/8	0.0284	0.0610	0.0740	0.0824	0.0968	0.1014	0.1001	0.0956	0.0881	0.0798	0.0735	0.0709	0.0719	0.0756	0.0821	0.0904	0.1001	0.1108	9 7/8
F.1.		0.0330	0.0453	0.0532	0.0653	0.0675	0.0625	0.0520	0.0378	0.0228	0.0108	0.0039	0.0025	0.0060	0.0132	0.0232	0.0345	0.0468	F.1.
F.1		0.0205	0.0320	0.0398	0.0510	0.0519	0.0445	0.0310	0.0141										F.1
F.2		0.0078	0.0198	0.0272	0.0369	0.0368	0.0278												F.2
F.3			0.0065	0.0141	0.0238	0.0229													F.3

### 3.1.4 プロペラ

1軸船のプロペラとしては、想定実船寸法排水容積120万 $m^3$ 、航海速力15.5ノットを想定して、実船プロペラ要目を5翼、直径11.20m、ピッチ6.80m、展開面積比0.72として、詳細設計を行った。L/B=5の4m模型船用プロペラの主要目等を図3.1.10に、そのオフセットを表3.1.5に示す。系統的模型試験には、それぞれの船型要目に従った相似模型プロペラを用いることとした。

2軸船のプロペラも1軸船同様、実船プロペラ要目を5翼、直径9.00m、ピッチ6.60m、展開面積比0.72として詳細設計を行った。6m模型船(L/B=5)用プロペラの主要目等を図3.1.11に、オフセットを表3.1.6に示す。

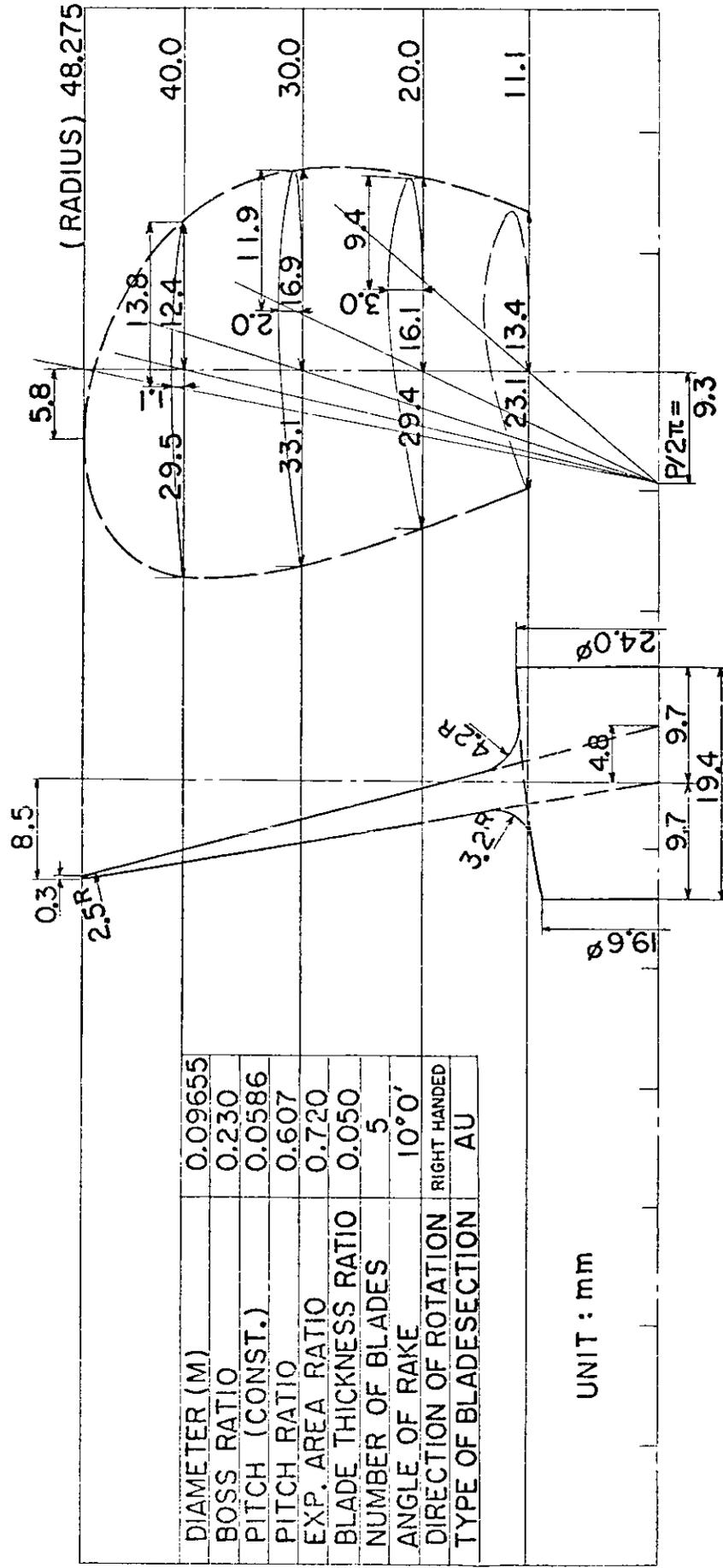
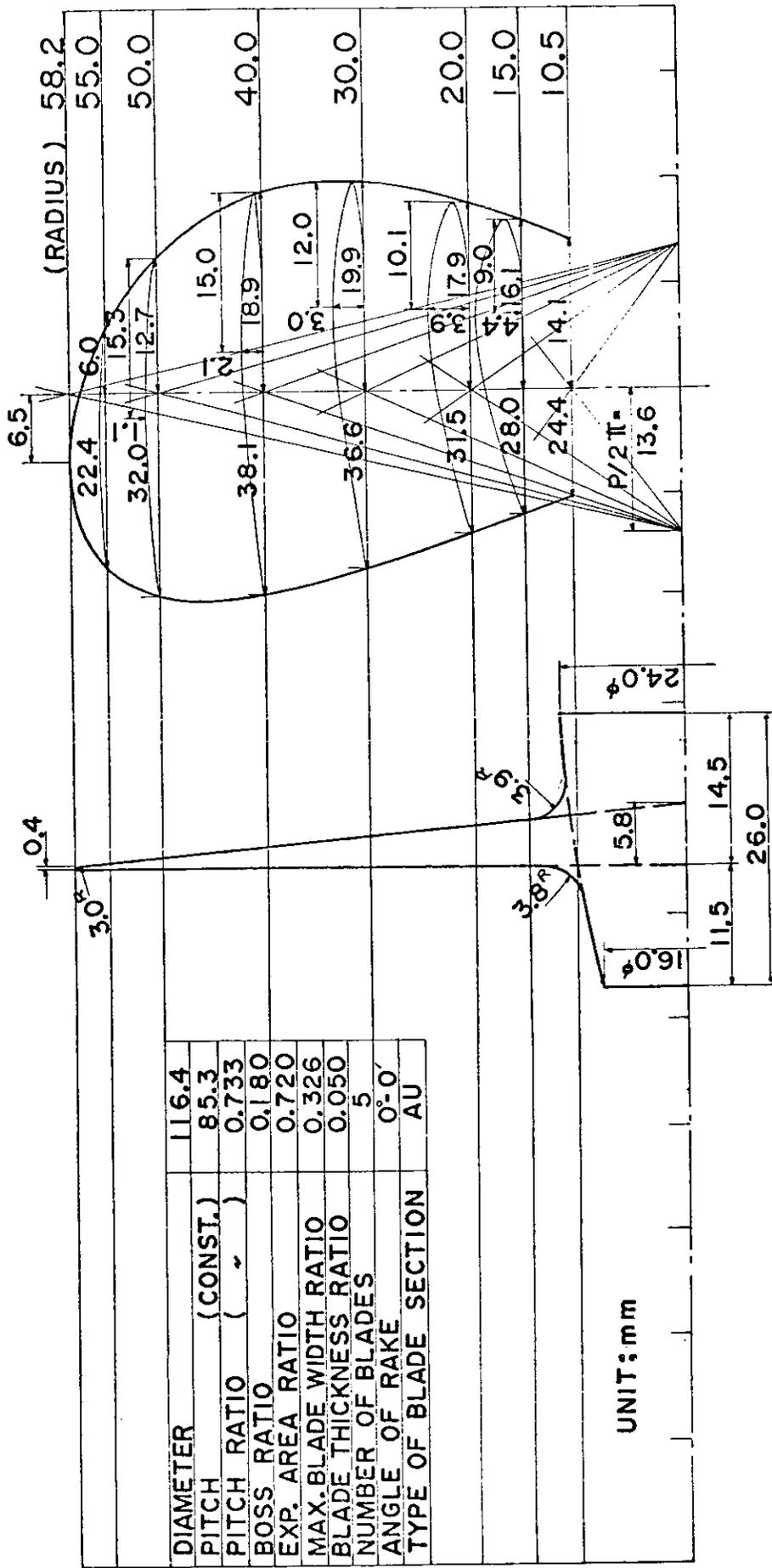


图 3.1.10

表 3.1 5

SR-154 Standard Model Propeller

r (mm)	r/R	A U section (mm)																			
		X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>11</sub>		
1.1.1	0.230	0	1.33		0.46	0.92	1.39	2.31	3.47	4.62	6.93	7.39	9.24	11.55	13.86	16.17	18.48	20.79	21.95	23.10	
		Y <sub>0</sub>	1.33	1.97	2.26	2.51	2.88	3.23	3.49	3.78	3.79	3.70	3.41	2.96	2.59	1.71	0.96	0.57	0.17		
		Y <sub>11</sub>		0.92	0.72	0.57	0.38	0.20	0.09												
1.5.0	0.311	0		0.52	1.04	1.56	2.61	3.91	5.21	7.82	8.34	10.42	13.03	15.63	18.24	20.84	23.45	24.75	26.05		
		Y <sub>0</sub>	1.20	1.77	2.04	2.26	2.60	2.92	3.15	3.41	3.42	3.34	3.08	2.67	2.16	1.55	0.86	0.51	0.15		
		Y <sub>11</sub>		0.83	0.65	0.51	0.34	0.18	0.08												
2.0.0	0.414	0		0.59	1.17	1.76	2.94	4.40	5.87	8.81	9.39	11.74	14.68	17.61	20.55	23.48	26.42	27.88	29.35		
		Y <sub>0</sub>	1.03	1.53	1.76	1.95	2.24	2.51	2.72	2.94	2.95	2.88	2.65	2.31	1.86	1.33	0.75	0.44	0.13		
		Y <sub>11</sub>		0.72	0.56	0.34	0.30	0.16	0.07									2.999			
3.0.0	0.621	0		0.74	1.48	2.23	3.71	5.56	7.41	11.12	11.85	14.35	17.48	20.60	23.78	26.84	29.99	31.54	33.10		
		Y <sub>0</sub>	0.67	0.98	1.15	1.29	1.50	1.70	1.84	2.01	2.01	1.96	1.81	1.57	1.27	0.91	0.51	0.30	0.09		
		Y <sub>11</sub>		0.47	0.36	0.28	0.18	0.10	0.04												
4.0.0	0.829	0		0.86	1.71	2.57	4.29	6.44	8.58	12.89	13.75	15.61	17.92	20.24	22.56	24.86	27.17	28.33	29.50		
		Y <sub>0</sub>	0.18	0.31	0.41	0.50	0.66	0.82	0.95	1.07	1.07	1.05	0.97	0.84	0.68	0.49	0.28	0.17	0.05		
		Y <sub>11</sub>		0.12	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01												
4.5.0	0.932	0		0.65	1.51	1.95	3.25	4.88	6.49	9.75	10.40	11.64	13.19	14.74	16.30	17.85	19.40	20.17	20.95		
		Y <sub>0</sub>	0.04	0.12	0.18	0.24	0.34	0.45	0.51	0.60	0.60	0.59	0.56	0.51	0.43	0.32	0.20	0.13	0.05		
		Y <sub>11</sub>																			



3. 1. 11

SR-154  
AU5-72

表 3.1.6 OFFSET

(mm)



R	15			20			30			40			50			55			
	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	X	Y <sub>0</sub>	Y <sub>U</sub>	
r/R	0.258																		
	0.344																		
	0.515																		
	0.687																		
	0.859																		
	0.925																		
1	0	1.5		0	1.4		0	1.1		0	0.6		0	0.1		0	0.1		0.1
2	0.6	2.3	1.1	0.6	2.0	1.0	0.7	1.6	0.7	1.0	0.4	0.7	1.0	0.3	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1
3	1.1	2.6	0.8	1.3	2.4	0.8	1.5	1.8	0.6	1.9	0.3	1.9	1.9	0.4	0.1	1.4	0.2	1.4	0.2
4	1.7	2.9	0.7	1.9	2.6	0.6	2.2	2.0	0.5	2.8	0.3	2.9	2.9	0.5	0.1	2.1	0.3	2.1	0.3
5	2.8	3.4	0.4	3.1	3.0	0.4	3.7	2.3	0.3	4.7	0.2	4.7	4.7	0.7		3.5	0.4	3.5	0.4
6	4.2	3.8	0.2	4.7	3.4	0.2	5.6	2.6	0.2	7.0	0.1	7.0	7.0	0.9		5.2	0.5	5.2	0.5
7	5.6	4.1	0.1	6.3	3.6	0.1	7.5	2.8	0.1	9.4		9.4	9.4	1.0		7.0	0.6	7.0	0.6
8	8.4	4.4		9.4	3.9		11.2	3.0		14.1		14.1	14.1	1.1		10.5	0.7	10.5	0.7
9	9.0	4.7		10.1	3.9		12.0	3.0		15.0		15.0	15.0	1.1		11.2	0.7	11.2	0.7
10	11.2	4.3		12.6	3.9		14.7	2.9		17.7		17.7	17.7	1.1		12.5	0.6	12.5	0.6
11	14.0	4.0		15.7	3.5		18.5	2.7		21.1		21.1	21.1	1.0		14.2	0.6	14.2	0.6
12	16.8	3.5		18.9	3.1		22.1	2.4		24.5		24.5	24.5	0.9		15.8	0.6	15.8	0.6
13	19.6	2.8		22.0	2.5		25.9	1.9		27.9		27.9	27.9	0.7		17.5	0.5	17.5	0.5
14	22.4	2.0		25.2	1.8		29.4	1.4		31.3		31.3	31.3	0.5		19.1	0.4	19.1	0.4
15	25.2	1.1		28.3	1.0		33.0	0.8		34.7		34.7	34.7	0.3		20.7	0.2	20.7	0.2
16	26.6	0.7		29.7	0.6		34.8	0.5		36.4		36.4	36.4	0.2		21.6	0.1	21.6	0.1
17	28.0	0.2		31.5	0.2		36.6	0.1		38.1		38.1	38.1	0.1		22.4	0.1	22.4	0.1

## 3.2 自由航走模型による実験

### 3.2.1 船研における実験結果

#### (1) 実験状態及び計測装置等

実験の対象とした船型は、前節で述べられているものうち  $L/d$  一定のシリーズで、母型である 5-27 型については大阪大学での実験終了後、全く同一の模型船を用いて実験した。載貨状態はすべて標準のとおりで、環動半径は  $0.25L$  に合わせた。

実験は角水槽（三鷹第一船舶試験水槽）で行い、逆スパイラル試験は設定角速度を越えると逆方向に操舵する方式で行っている。実験の目的上、特に無風状態に近いときのみに行っており、ほとんど外乱の影響がないデータを得ている。

#### (2) 実験結果

スパイラル及び逆スパイラル試験結果を図 3.2.1～図 3.2.3 に示す。逆スパイラル試験時の舵角振巾は、仮定中心に対して  $\pm 5.0^\circ$  で行ったが、 $r' = 0$  付近の一部の点は  $\pm 3.0^\circ$  のものも行い、後に結果の再確認のために  $\pm 1.0^\circ$  の実験も加えた。詳しくは後に 3.2.4 項で説明する。

図 3.2.4～図 3.2.6 は Advance, Transfer 等の計測値である。図 3.2.7～図 3.2.9 は速度影響試験結果を示すもので、舵角右  $25^\circ$  の旋回試験によるものである。

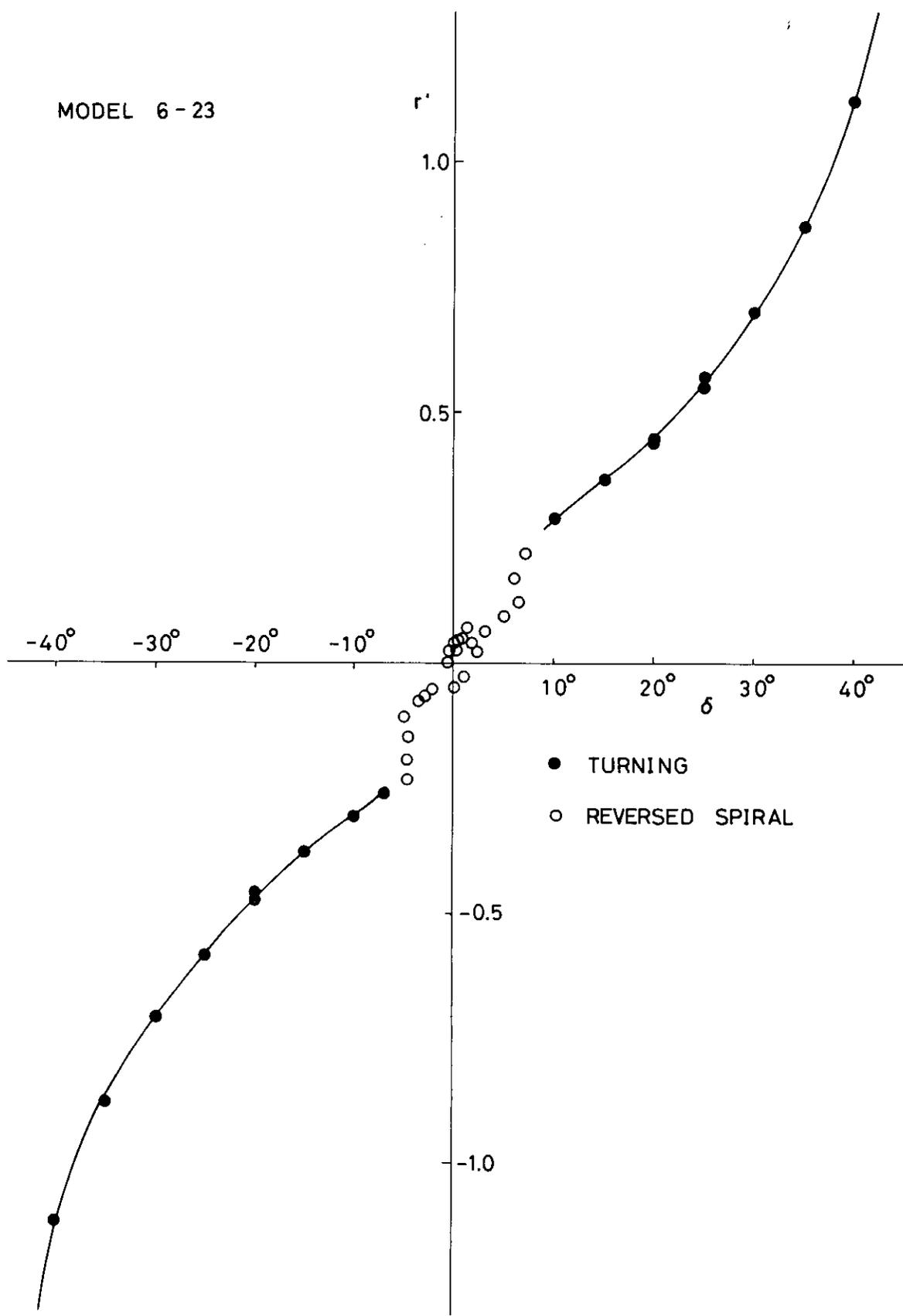


图 3.2.1 6-23 型 实验结果

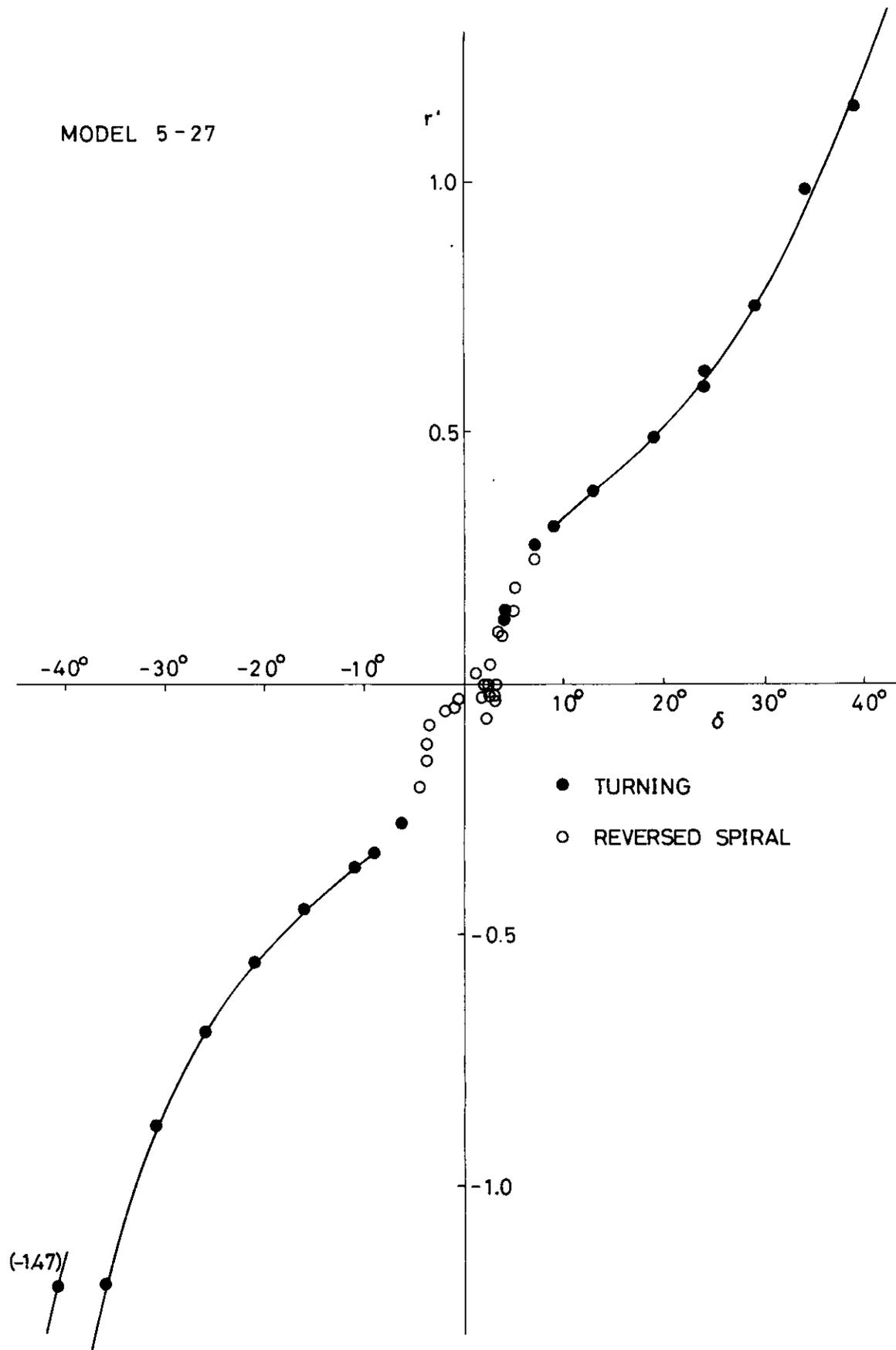


図 3.2.2 5-27型実験結果

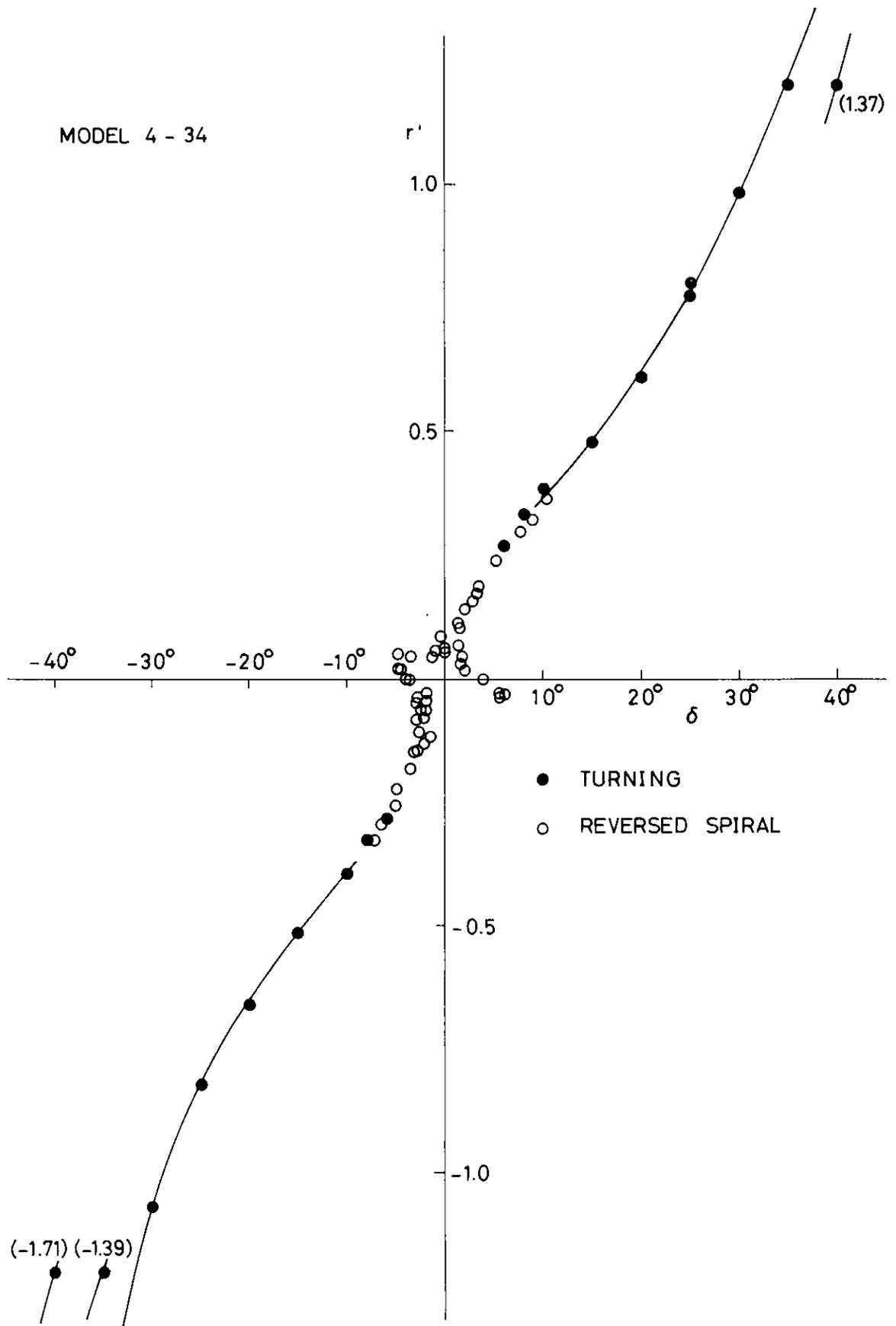


图 3.2.3 4-34 型实验结果

MODEL 6-23

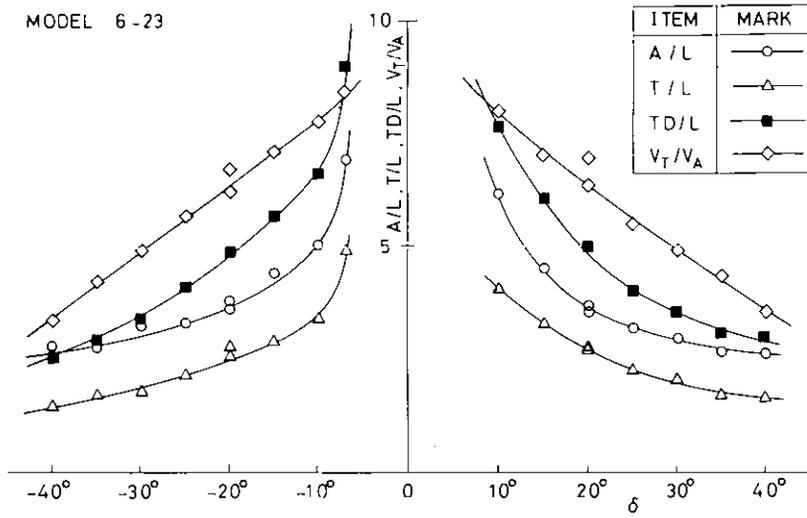


図 3.2.4 6-23 型アドバンス等

MODEL 5-27

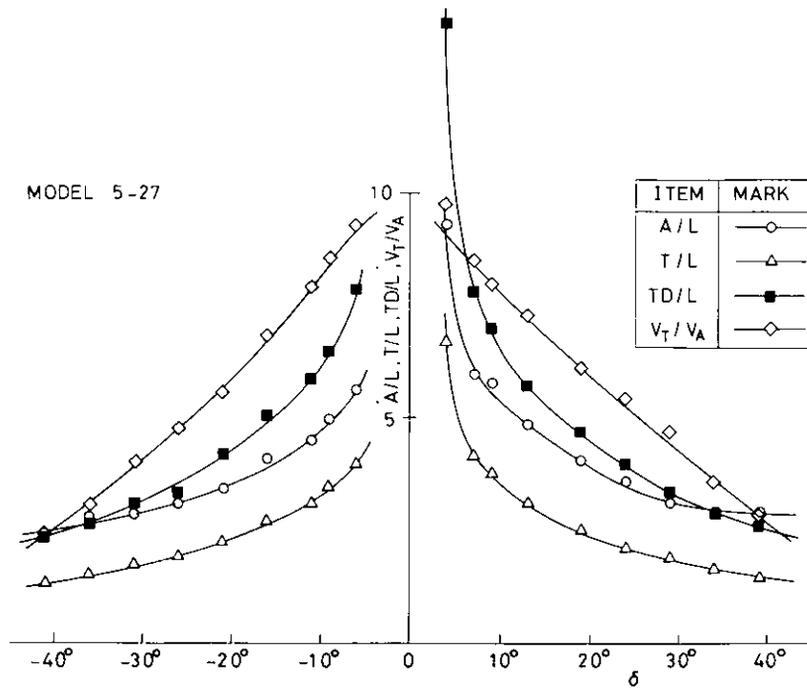


図 3.2.5 5-27 型アドバンス等

MODEL 4-34

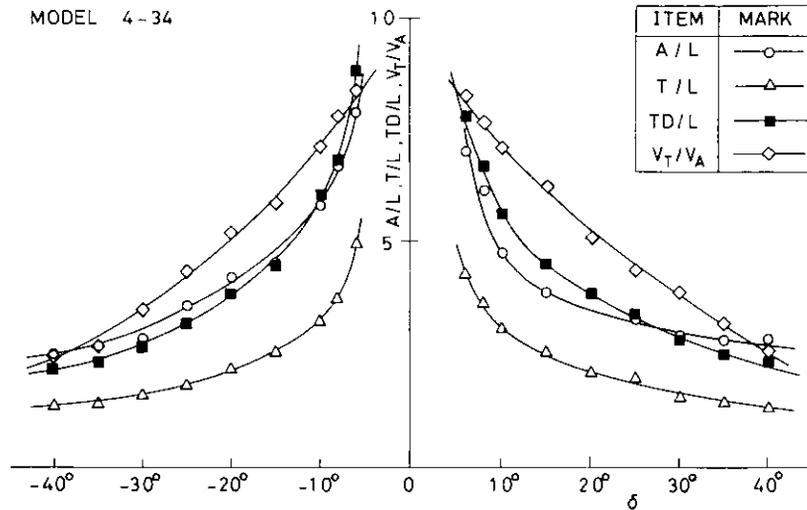


図 3.2.6 4-34 型アドバンス等

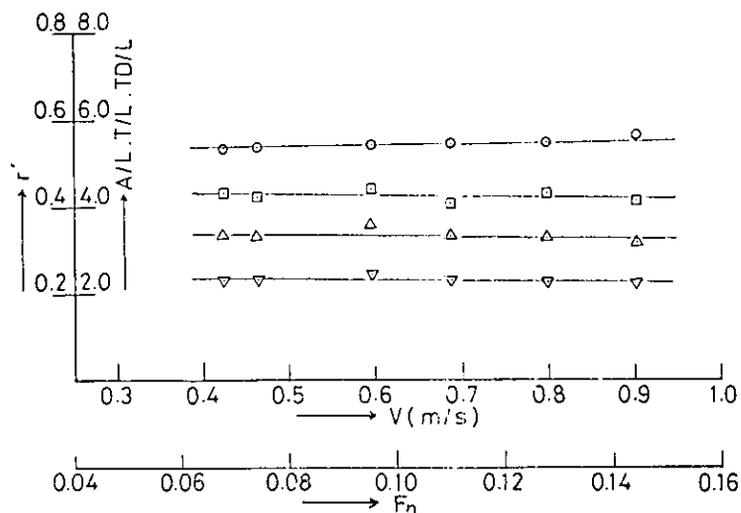


图 3.2.7 6-23 型速度影响

L	4.000 M
B	0.667 M
d	0.293 M
$\Delta$	640.7 KG
L/B	6.00
B/d	2.28
TRIM	0.00% L
$C_B$	0.820
AR/Ld	1/50

ITEMS	MARK
$r'$	—○—
A/L	—△—
T/L	—▽—
TD/L	—□—

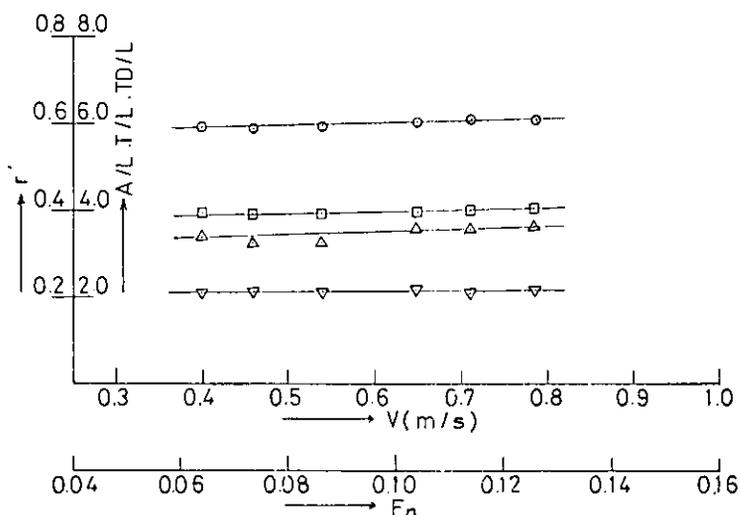


图 3.2.8 5-27 型速度影响

L	4.000 M
B	0.800 M
d	0.293 M
$\Delta$	768.9 KG
L/B	5.00
B/d	2.73
TRIM	0.00% L
$C_B$	0.820
AR/Ld	1/50

ITEMS	MARK
$r'$	—○—
A/L	—△—
T/L	—▽—
TD/L	—□—

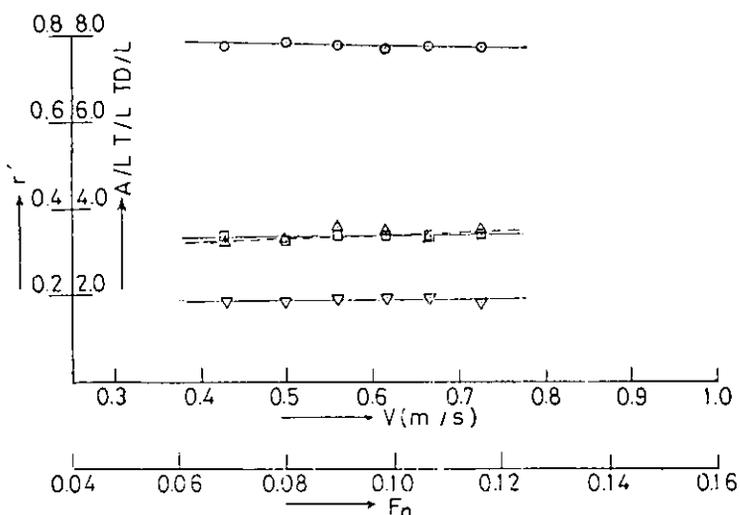


图 3.2.9 4-34 型速度影响

L	4.000 M
B	1.000 M
d	0.293 M
$\Delta$	961.3 KG
L/B	4.00
B/d	3.41
TRIM	0.00% L
$C_B$	0.820
AR/Ld	1/50

ITEMS	MARK
$r'$	—○—
A/L	—△—
T/L	—▽—
TD/L	—□—

### 3.2.2 大阪大学における実験結果

#### (1) 航跡計測装置

従来大阪大学操縦性試験場では、舵角と船体運動を自由航走する模型船上の計器で測定する方法を主としており、船の航跡や対地速力を陸上から測定する装置としては望遠鏡付の方位盤を手動で操作する原始的なものに頼っていた。

本部会の実験を効果的に行なうためにはこの点の改善が必要と認められて、本年度において水中超音波応用の航跡計測装置を製作し、昭和50年1月より実用に供している。

この装置の原理については既に数個の実例と文献があるので、ここでは省略する。データ処理の形式は陸岸2ヶ所で受信した超音波信号から模型船までの距離を検出、紙テープ出力にする。その後の処理は別途調達したミニコンピュータで行なっている。

#### (2) 実験結果

大阪大学操縦性試験場で行なった1軸母型5-27の逆スパイラルテスト、定常旋回試験の結果を図3.2.10に、またZ試験のKT解析結果(連立方程式法による)を図3.2.11に示す。逆スパイラルテストの舵角振幅は $\pm 5^\circ$ である。

3.1.1に説明したところと大きく相違して著しい異常傾向を示す結果となった。3.2.4において若干の考察を述べる。

2軸母型は昭和50年1月末、上記3試験を終了、解析中である。この方は3.1.1の期待どおりの傾向を示しているようである。(異常安定その他の異常なしの意味)

### 3.2.3 大阪府立大学における実験結果

L/d一定のシリーズのうち、4-27、6-27型についてスパイラル試験、逆スパイラル試験及びZ試験を大阪大学操縦性試験場において実施した。

4-27型 実験結果は図3.2.12にスパイラル、逆スパイラル試験、図3.2.13にZ試験結果を示す。また、6-27型 実験結果は図3.2.14にスパイラル、逆スパイラル試験、図3.2.15にZ試験結果を示す。

なお、逆スパイラル試験は見掛けの舵中央に対し $\pm 5^\circ$ の舵角振幅で実施した。また、Z試験結果の解析は連立方程式法によって行い、直進時の速力によって指数を無次元化した。

M.No.297

SR-154, 5-27

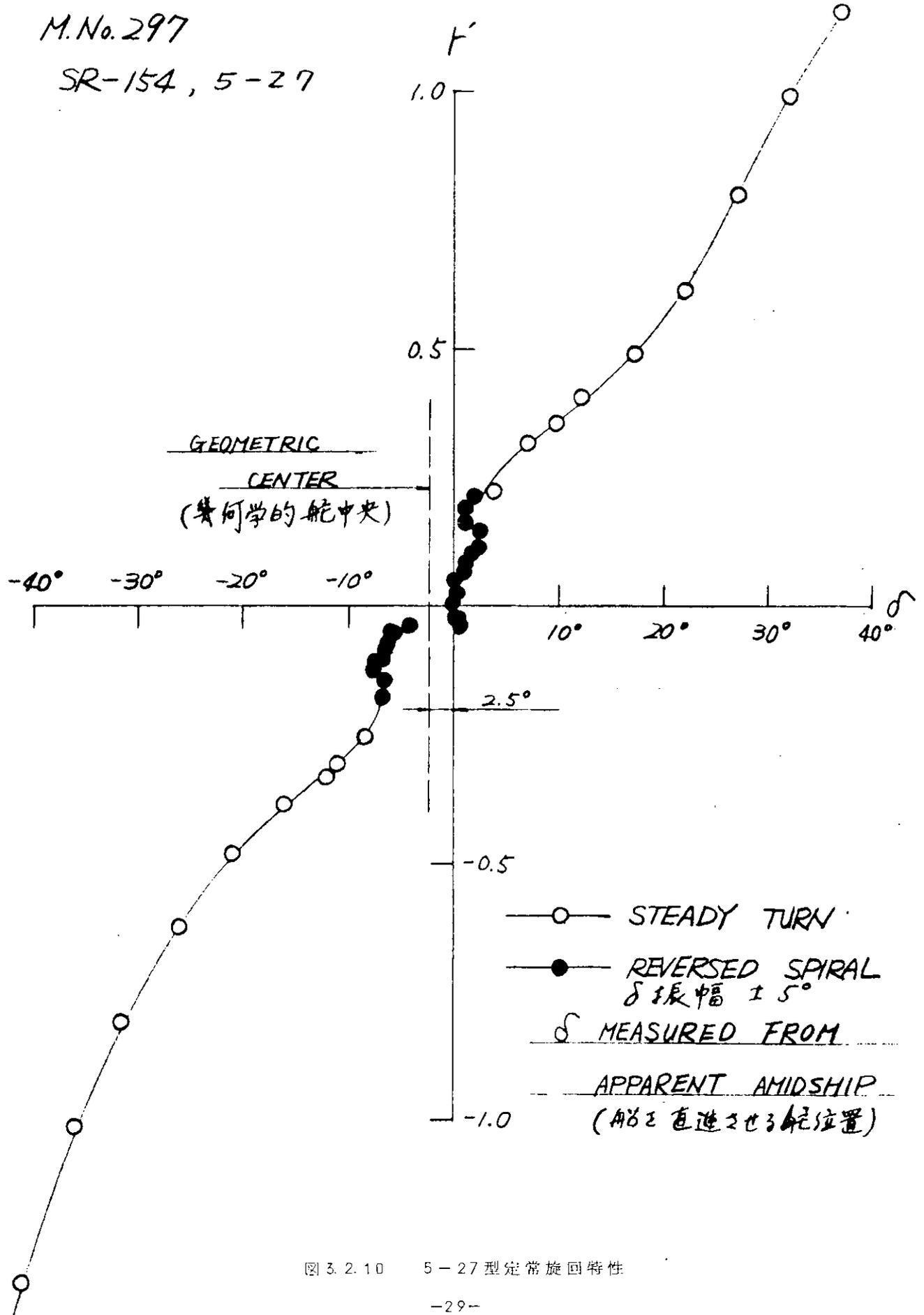


图 3.2.10 5-27 型定常旋回特性

M.No.297

SR-154, 5-27

連立方程式法

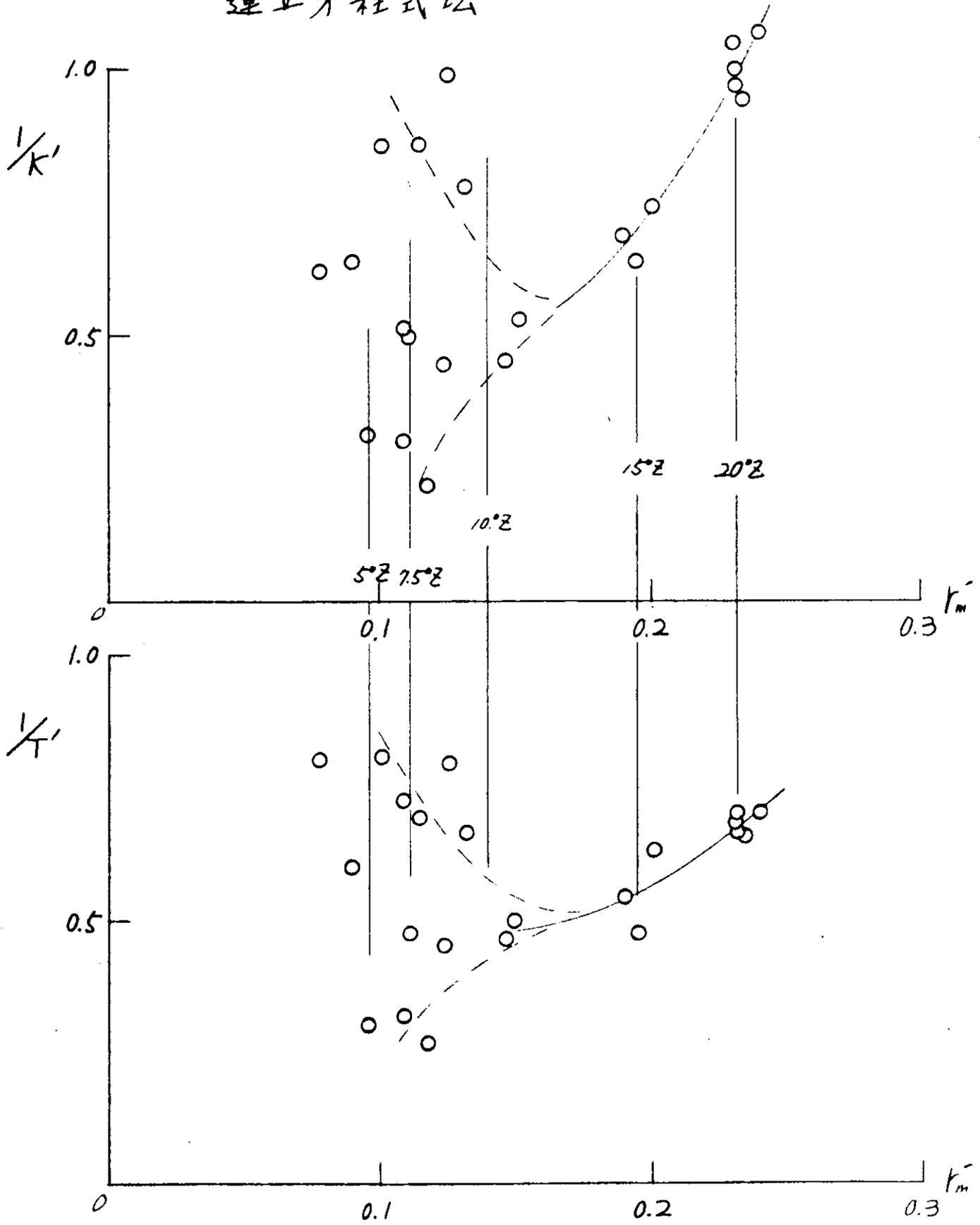


图 3.2.11 5-27 型 Z 試驗結果 (KT 解析)

MODEL 4-27

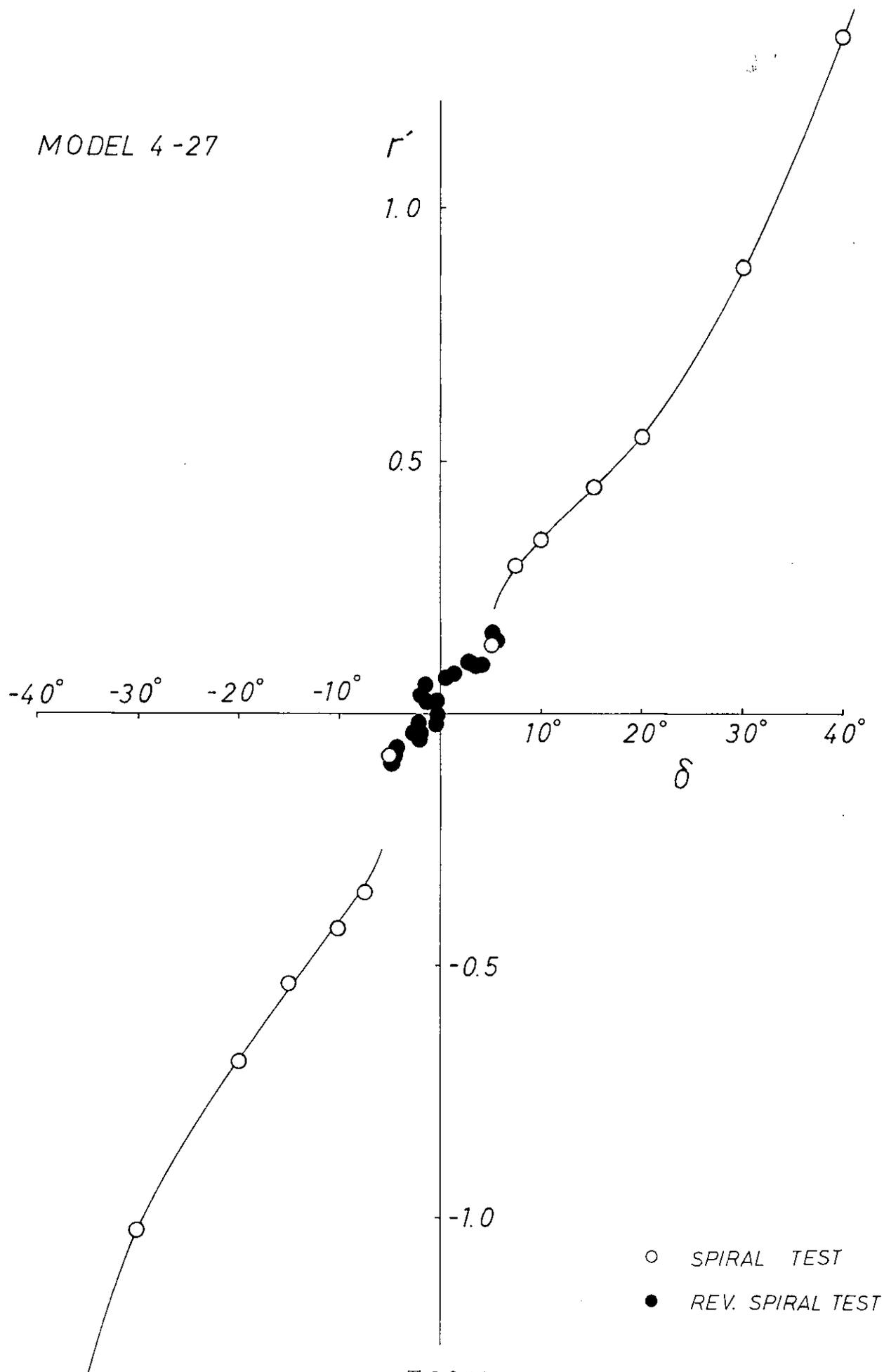
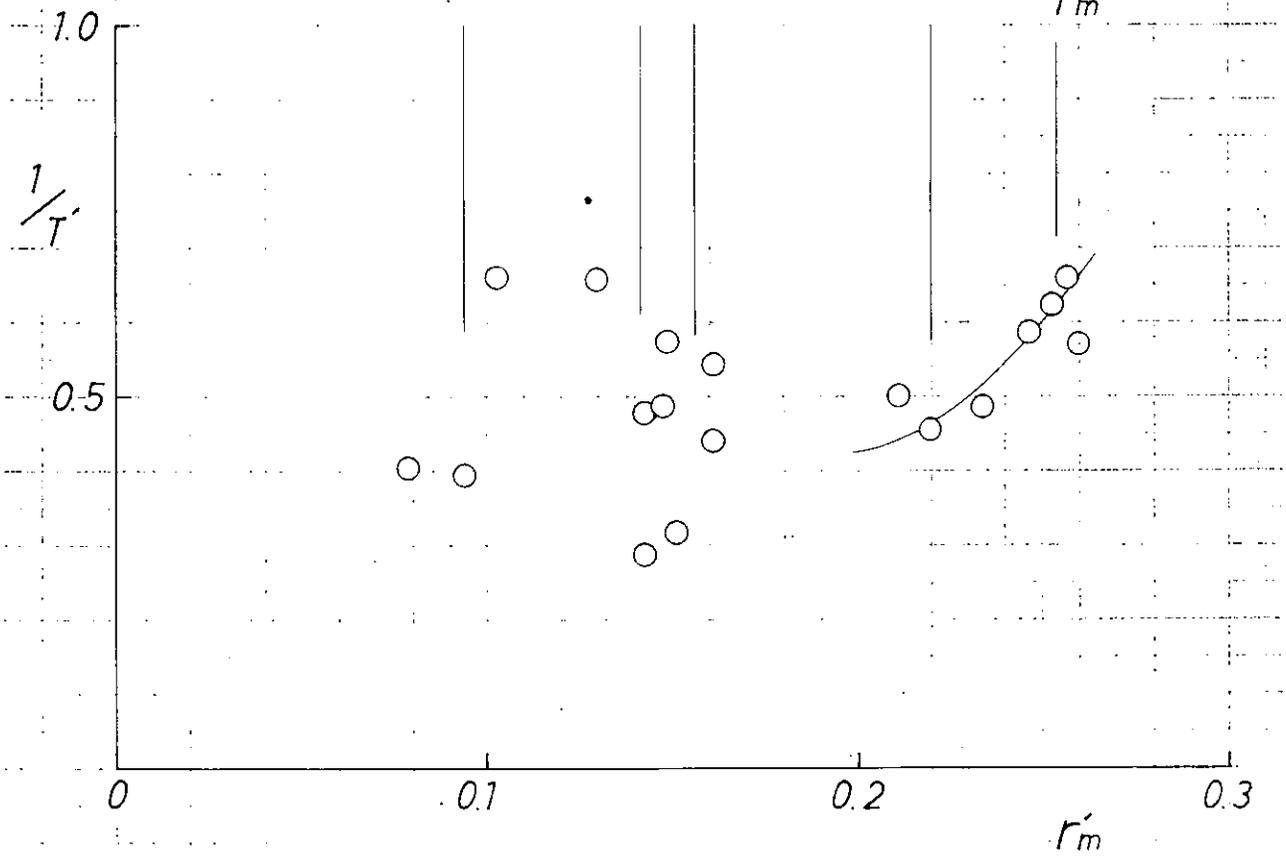
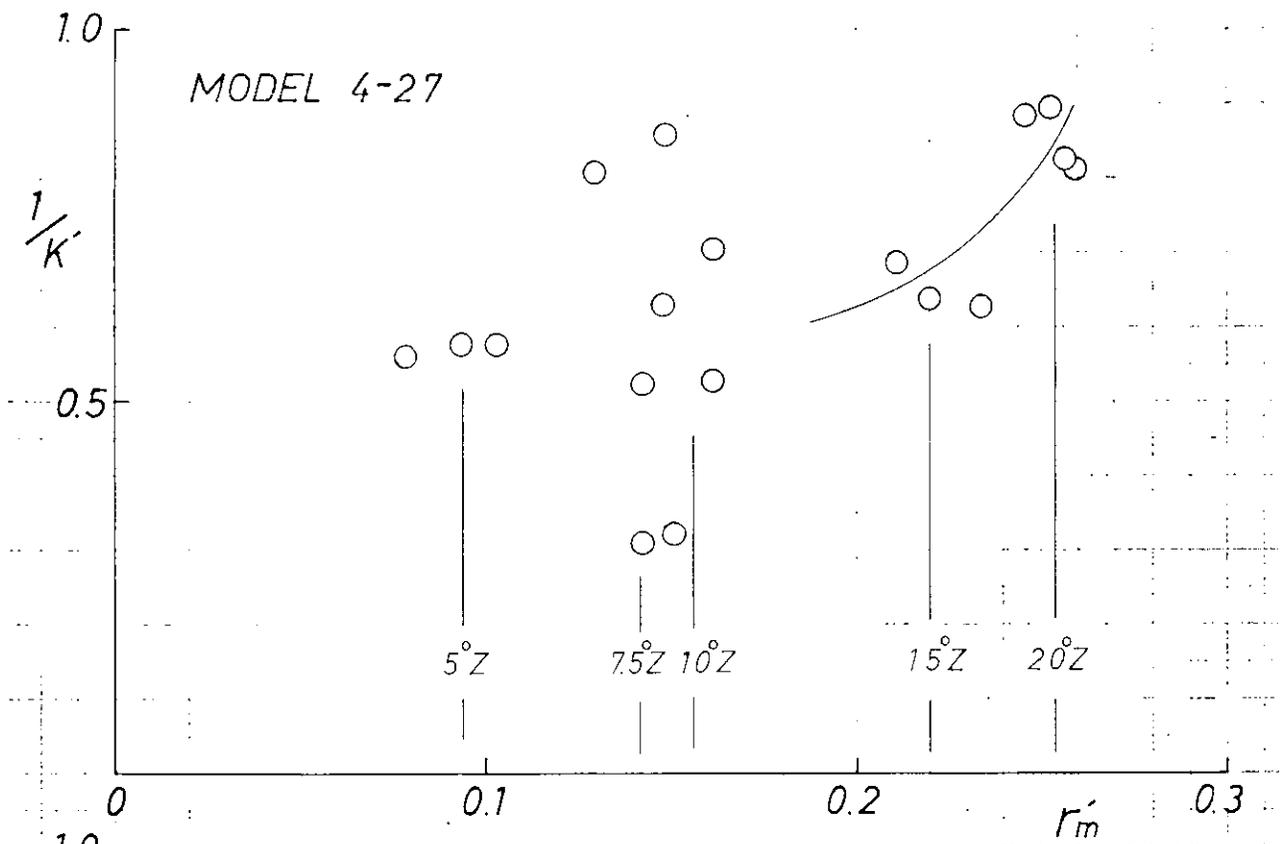


图 3.2.12



MODEL 6-27

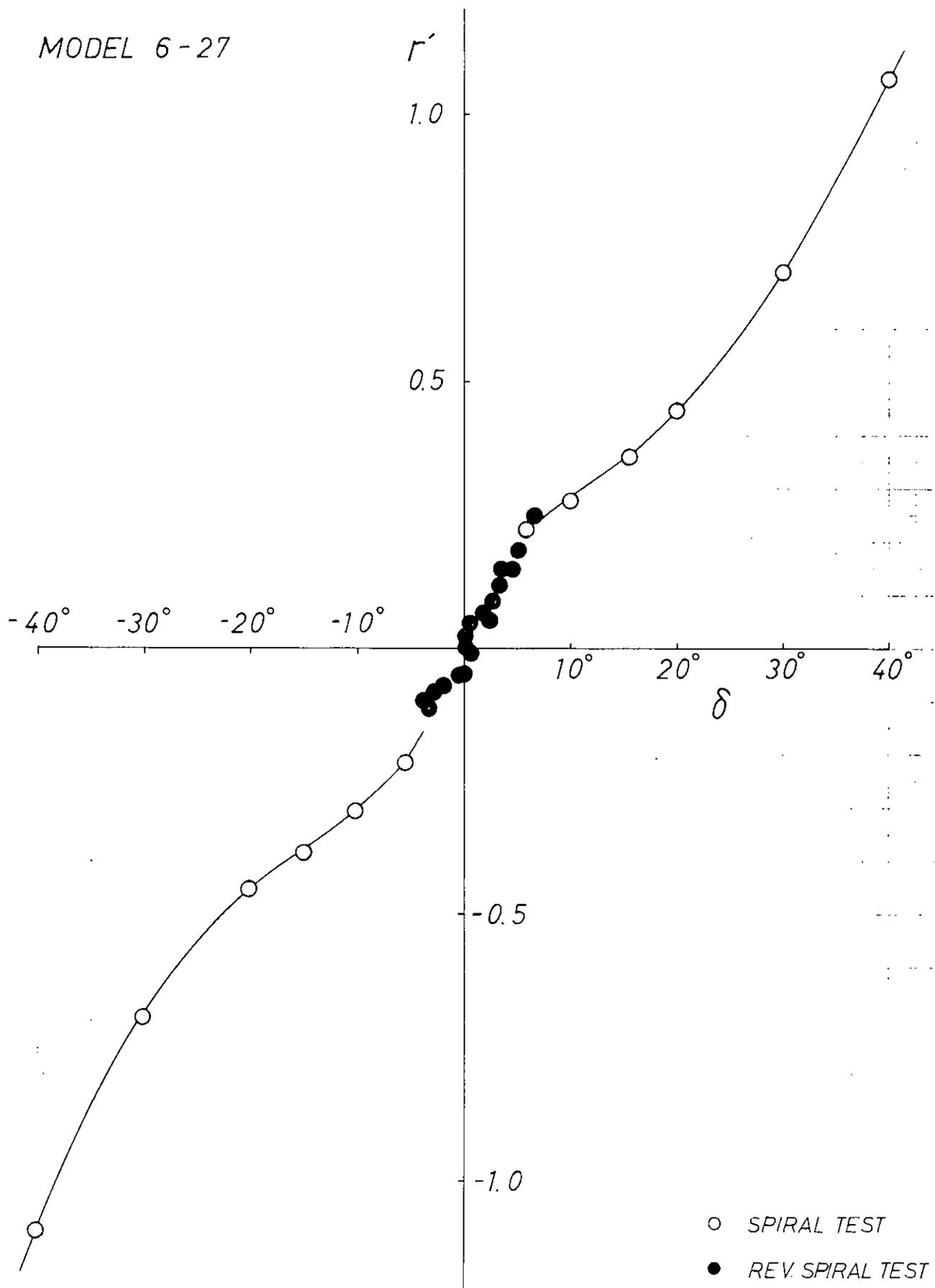


图 3.2.14

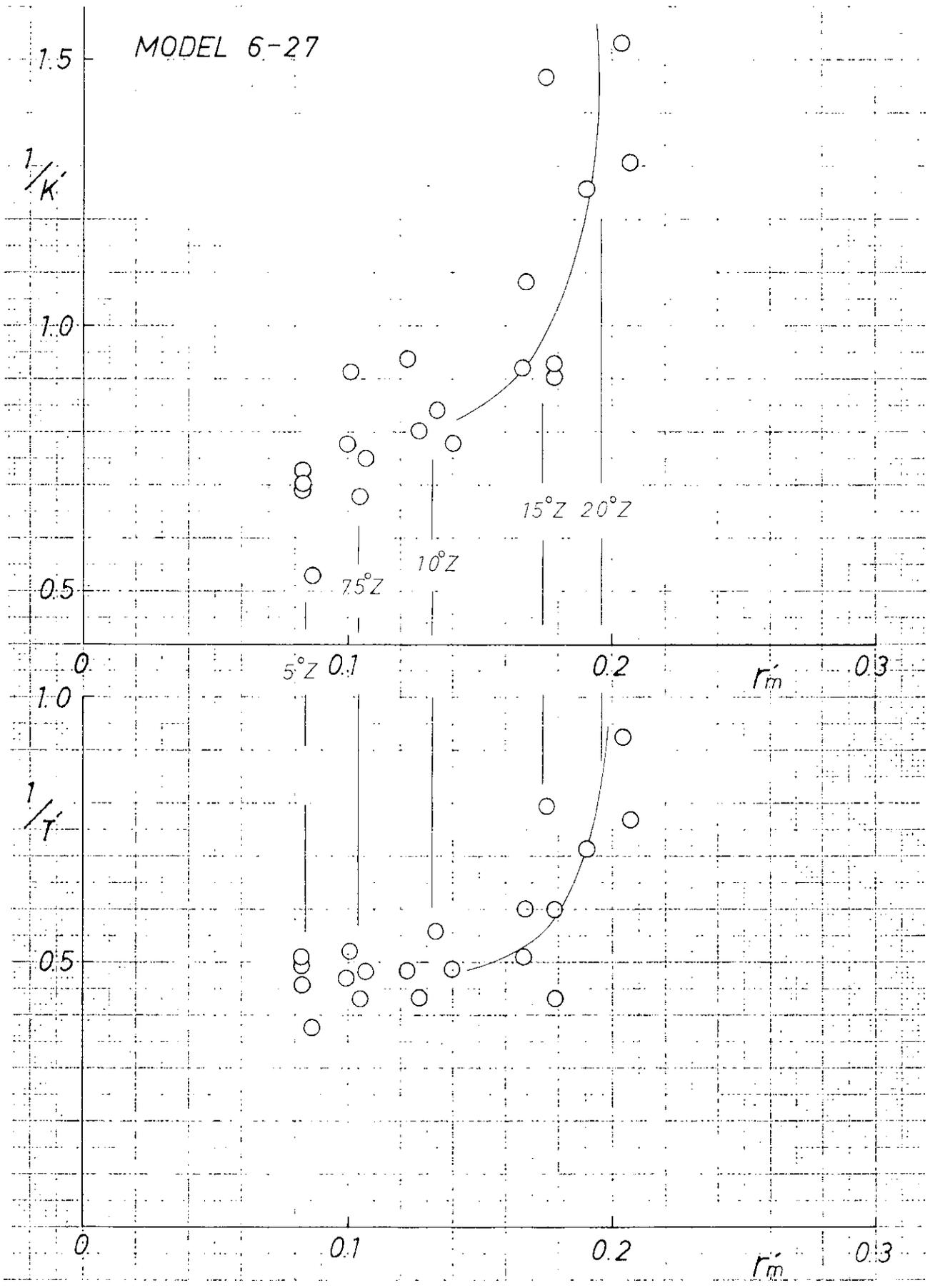


图 3.2.15

### 3.2.4 考 察

#### (I) スパイラル及び逆スパイラル試験

##### (a) 5-27型及び4-34型の異なる水槽での実験結果について

本シリーズテストの母型である5-27型については、大阪大学と船研で同一の模型船を用いて、相次いで実験が行われている。それらの結果は図3.2.10及び図3.2.2にそれぞれ示されているが、舵角の幾何学的中心を一致させて重ねると、スパイラル試験の部分も逆スパイラル部分も、極めて良い一致を示している。以下の考察では、この両者の実験結果をすべて含む点について改めて平均線を引いたものを5-27型のスパイラル試験の結果として用いているが、当然のことながらこの曲線はそれぞれの原図のものと殆んど変わらないものになっている。これによって5-27型の実験点の再現性が確認されたわけである。

5-27型については4m模型船による上記2試験の他に、九州大学でも2.5m模型船について旋回試験が行われている。その結果は後の図4.1.1に示されているが、2.5m模型船の方が平均して旋回径が小さくなっている。船速が後者では港内全速相当であるから、前者とはやや異なるが、実験結果の差異は、後に述べる異常現象と関係があることも考えられる。

4-34型については船研で4m模型、九大で2.5m模型を用いて実験が行われている。その結果はそれぞれ図3.2.3及び図4.1.8に示されているが、舵角の小さい範囲を除きほぼ一致した結果が得られている。模型船寸法の相違による母型での差異と、4-34型での差異との関連については不明である。

##### (b) L/Bの影響

L/d一定シリーズの旋回試験結果の部分について、重ねてプロットしたものを図3.2.16に示す。旋回性はL/Bが小さいほど良くなっており、特にL/B=4では急激に良くなっている。これはB/d一定シリーズについて示した図3.2.17に関しても同様のことが言える。

L/d一定シリーズについてはAdvance等も計測されているので、その結果を示した前掲の図3.2.4～図3.2.6からも旋回性の比較を調べることが出来る。舵角約15°以上の比較的大舵角の範囲について考えることにして、旋回性の差を最も良く表わしているのはTactical dia.である。明らかにL/Bが減少するに従って減少しており、旋回性の向上を示している。Transferについても、僅かではあるが同様の傾向が見られる。

逆スパイラル試験結果については、4-34型以外はすべて異常安定現象が現われているが、それぞれ特徴があり、あまりシリーズ的な傾向は見られない。特に4-34型では原点付近で双曲線型になっており、2つの不安定な平衡点があるように見えるが、 $r' \approx 0.05$ の近傍ではこの双曲線の間にも幾つかの点を得られている。これらの点は、初め舵角振巾±5°及び±3°の逆スパイラル試験によって得られた、一連の双曲線型の実験点に対して、後に逆スパイラルの舵角振巾を±10°にすることによって得られたもので、現象の複雑さを暗示している。

これらの特質は実験中の模型船の挙動にも現われており、概して次の様な現象が見られた。

- (i) 旋回性は非常に良いが、安定な旋回状態になるまでに時間を要し、時に2周後でもまだ半径が減少した例、旋回中に突然曲率が変わり、しばらく経って又もとに戻った例などがあった。
- (ii) 手動操舵で直進させようとする場合の保針性も悪く、一応は直進しているかに見えても、突然右又は左に回頭を始めたか、時には又戻ったりすることが多かった。

以上のことから考えて、この船型シリーズは舵角約 $\pm 8^\circ$ の範囲、 $r'$ では $\pm 0.2$ 程度の範囲では、現象が極めて不確定であって、相互間の優劣を判定することは不可能である。特に $r' \approx 0$ の付近では、逆スパイラル試験によって特定の平均舵角が得られるというよりは、条件次第でどこを平均舵角が落ち着くか分らない、というようにも考えられるが、このあたりは非常に問題が多い所で、軽々しく結論を導くことはできない。

(c)  $L/B$ 一定シリーズ

$L/B$ を一定として $B/d$ と $L/d$ を同時に変化させたと考えれば、6-23型と6-27型、4-27型と4-34型の2組について比較ができる。図3.2.18及び19にこれらを示す。

$L/B=6$ の場合には逆スパイラルの一部を除いて、ほとんどの $r'-\delta$ についてほぼ一致した結果が得られている。これは $B/d$ の変化と $L/d$ の変化(いずれも6-27型は6-23型の20%増)の影響が相殺しているためと考えられる。

$L/B=4$ では $B/d$ と $L/d$ の変化率は共に約25%であるが、上記ほどの良い一致は見られない。特に逆スパイラルの部分は4-34型が前述のように極めて特徴的なので、全く違った傾向になっている。この範囲については、前にも述べたように設定舵角範囲、操舵速度等も微妙な影響を与えると思われるので、厳密に比較するには実験法にまで戻って再考する必要があるであろう。

(d)  $d$ 一定シリーズ

今回実験した2シリーズは、図3.2.20に示すように分布しており、喫水一定シリーズをとるとすれば、各 $L/B$ 一定シリーズのほぼ中点に来る。従って前掲の図3.2.18及び19から $d$ 一定シリーズの旋回性を推定することができる。図3.2.21はこうして推定した $d$ 一定シリーズの $r'-\delta$ を示したものである。前述のように $L/B$ 一定シリーズでは各2船間の差が比較的小さいので、この推定曲線はほぼ実験値に近い結果を示していると言える。

逆スパイラル試験の部分については、図3.2.18の $L/B=6$ のものからは $d$ 一定の6-25型も同様の結果が得られるかとも想像されるが、旋回性とは性質が違うので、正しくは実験してみないと分らない。

(e) 旋回に及ぼす船速の影響

従来の実験結果では、速度の増加と共に旋回径もやや増加して行くのが通例であったが、今回の実験では5-27、6-23両型で、逆に旋回径が減少して行く傾向が見られる。原因は不明であるが、定常旋回中でも運動が一定しない傾向と関連があるものと思われる。

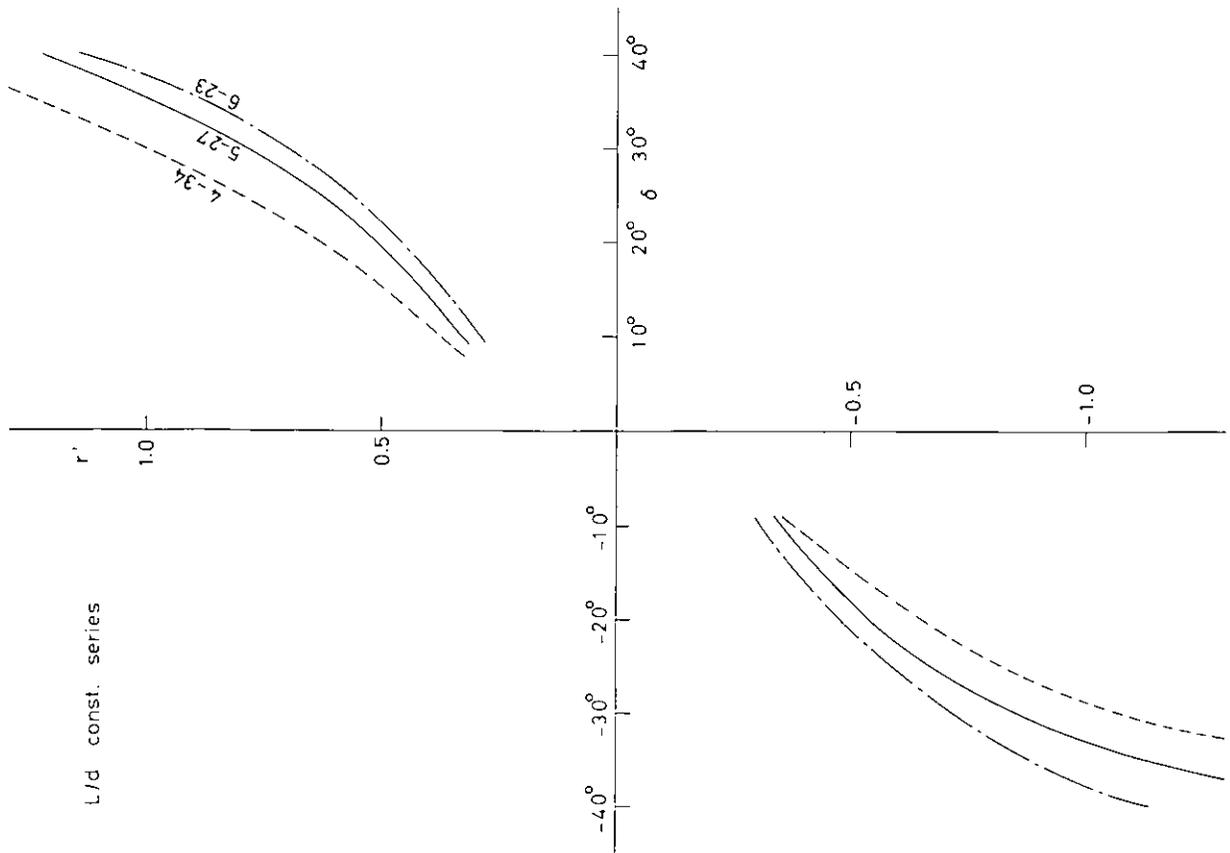


図 3.2.16 L/B の影響 (L/d 一定シリーズ)

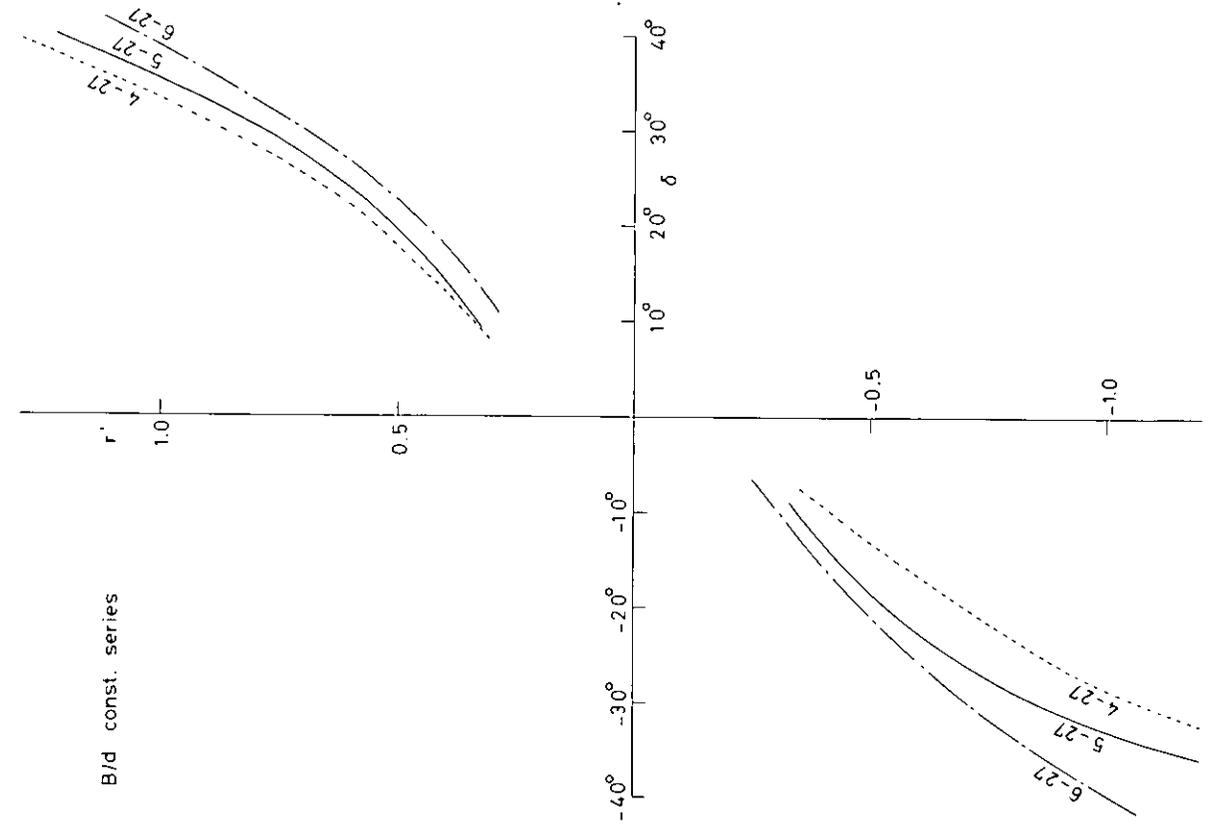


図 3.2.17 L/B の影響 (B/d 一定シリーズ)

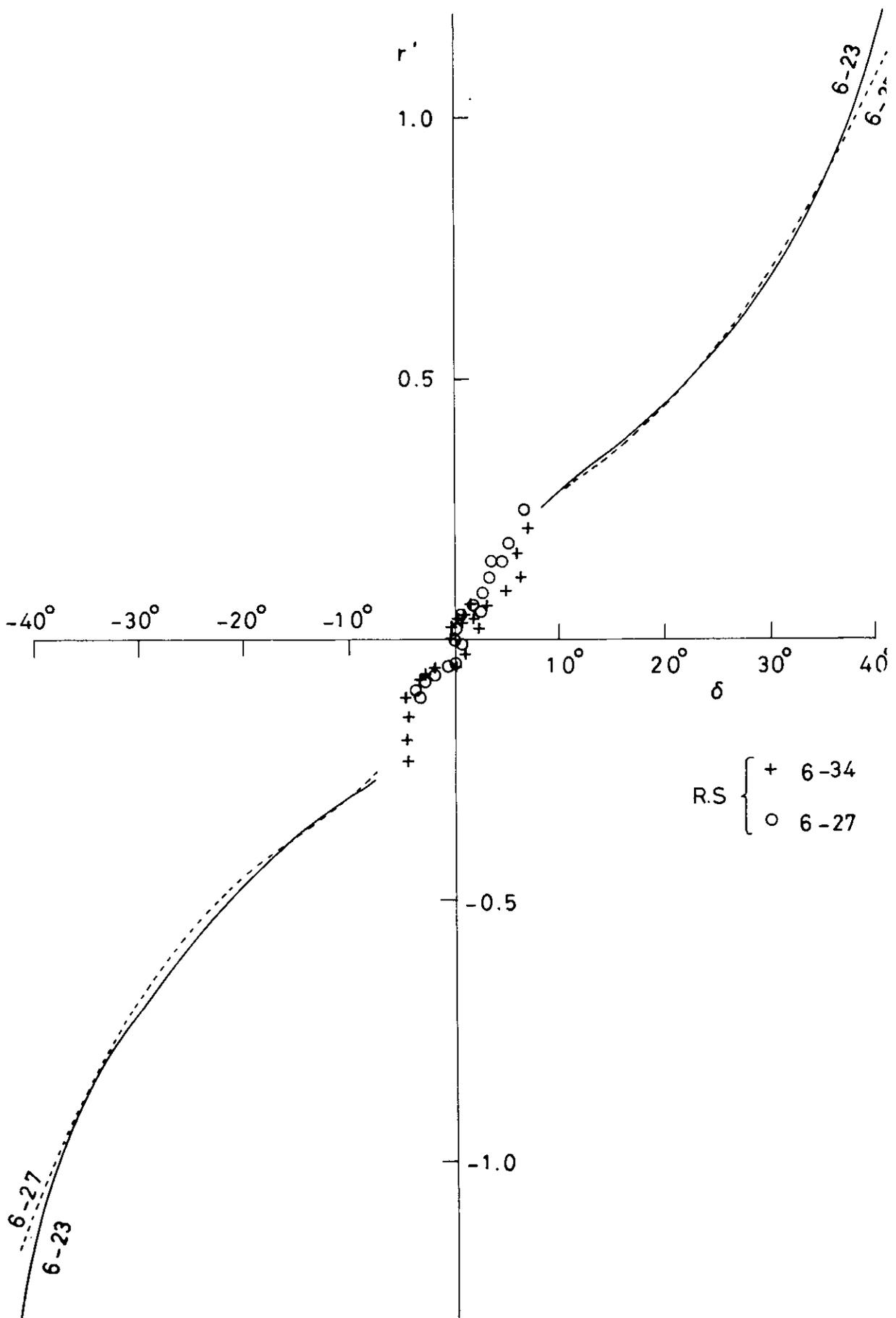


図 3. 2. 18  $L/B=6$  の 2 船 の 比較

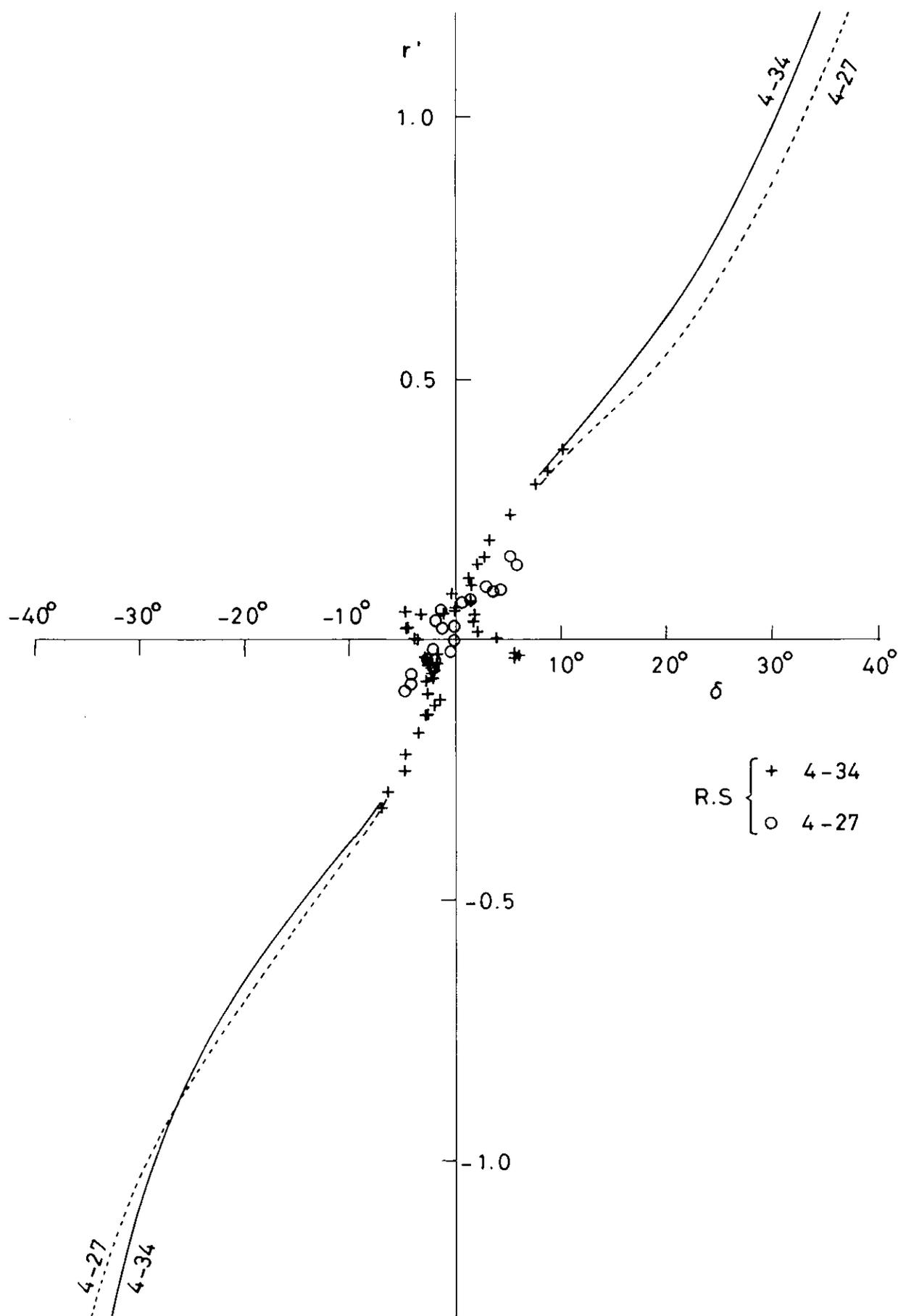


図 3.2.19  $L/B=4$  の 2 船の比較

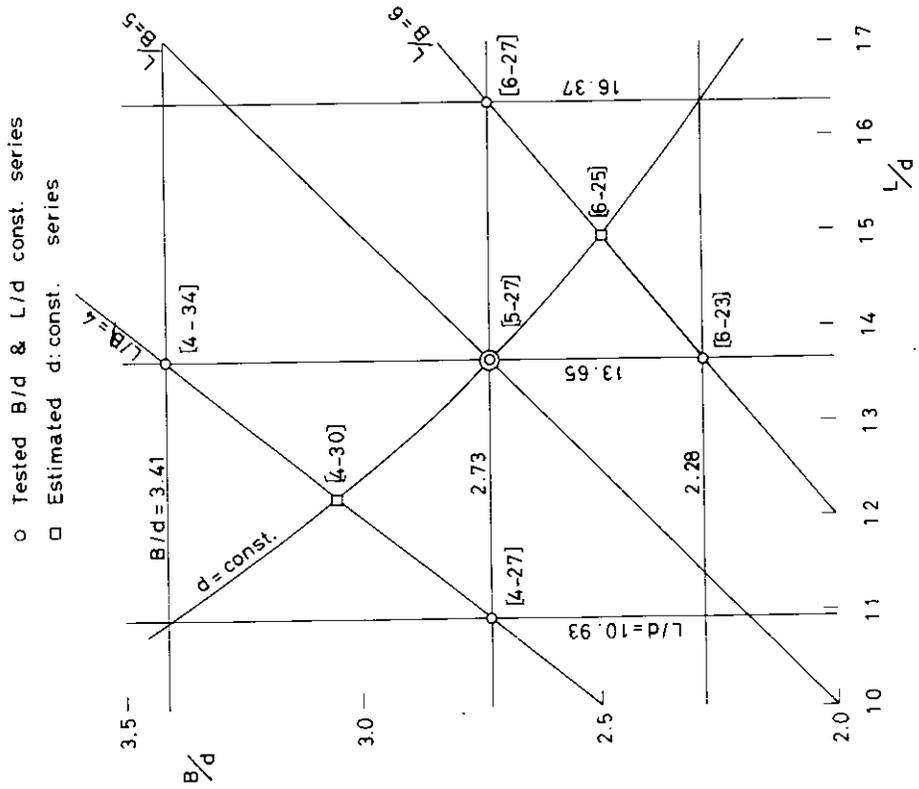
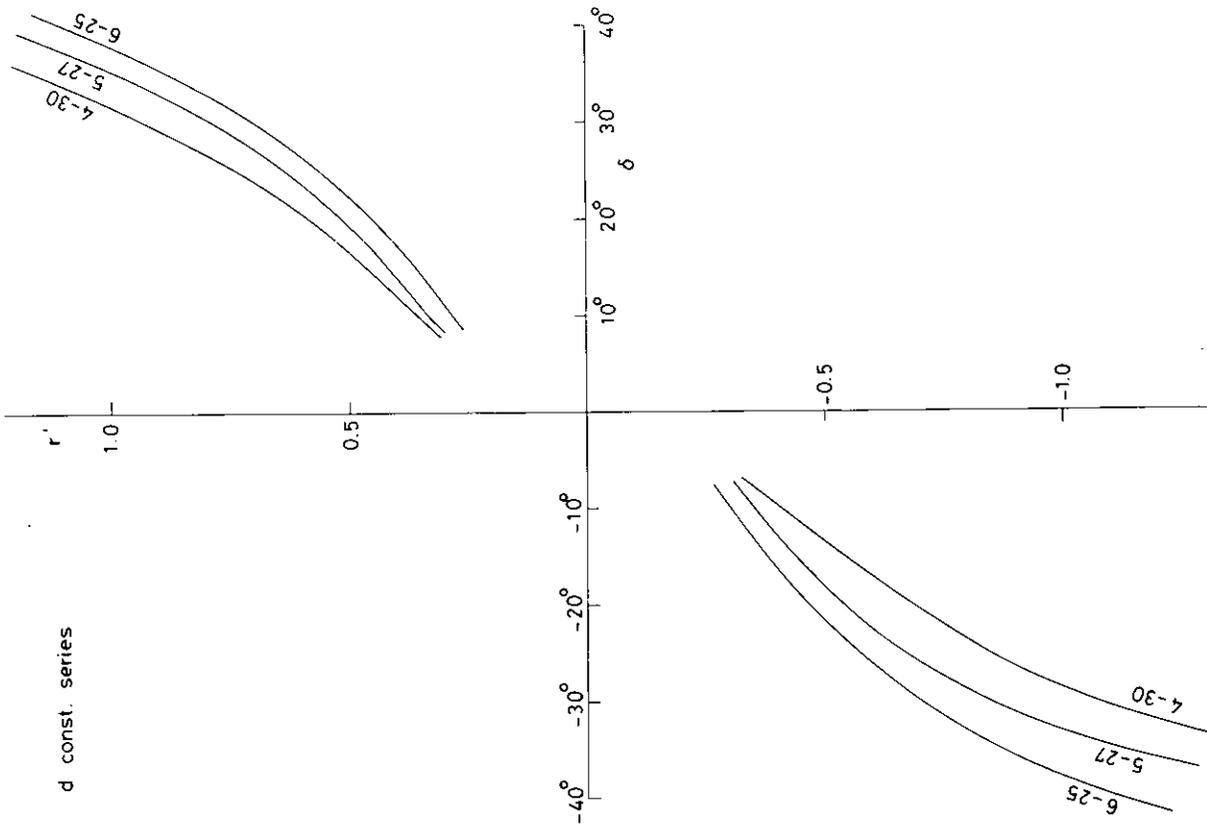


図 3.2.21 d一定シリーズ (  $L/B=4$  と  $\delta$  は推定 )

図 3.2.20 各シリーズの分布

(2) Z 試験

図 3.2.11、3.2.13、3.2.15 に示す K T 解析結果は、

(i)  $15^\circ/15^\circ$ 、 $20^\circ/20^\circ$  の比較的強い運動においては K、T 両指数とも一応のまとまりを見せ、その値も通常である。そして L/B が小さいほど K、T とも値が増大し、針路不安定化、追従性の劣化を示す。これも一般に予想される傾向である。図 3.2.10、3.2.16 および 3.2.17 の定常旋回特性における傾向とも話が合う。このように舵角  $15^\circ$  程度以上の積極的な変針運動とか大舵角の緊急操船においては L/B の小さいほど旋回半径は小さく、そのかわり操船に対する追従はおそいことがあきらかである。

(ii) ところが  $10^\circ/10^\circ$ 、さらに  $5^\circ/5^\circ$  と運動がゆるやかな状態になると K T 解析は無残な結果に終る。実験状態、解析の過程などを十分検討したが、この結果はそれらの誤差ではなく、運動そのものが無法則であったと見られる。このことは次項の K T 解析以外の検討に徴しても同じ結論が得られる。

これはまた定常旋回特性の、運動のゆるやかな部分に見られる複雑な — ほとんど規則性のない — 特性と対応するものである。

この結果は 3.1.1 に述べたところの「異常」な性質がこの一連の船型に明らかに現われたわけで、従ってこの結果から L/B その他が操縦性におよぼす影響を推論することは、ゆるやかな操船状態 — 保針性能など — に関するかぎり不可能である。さらに相似の実船を想定した場合、この結果から実船の針路安定性を推定することはできない。

(iii) 参考のため図 3.2.22 に最小自乗法を使った K T 解析結果を、図 3.2.23 に Z 試験の観測から直接測定した変針おくれ時間  $T_L$  を示す。

前者は既に述べた K T 解析と原理的に類似のもので、同様な不規則性を示すのは当然であろう。計算過程の誤差ではないことを示すにすぎない。

後者の不規則性は、この資料は全く運動を直接反映しているものだから、運動そのものの不規則性を物語ると考えてよい。残る疑点は風などの外乱だけであろうが、記録によるとほとんどの Z 試験は風が感じられない程度の条件で実施している。

(iv) 図 3.2.24 も参考資料で母型 5-27 の  $10^\circ/1.7^\circ/\text{sec}$  の Yaw-rate Z 試験から作った  $\ddot{\psi}-\dot{\psi}$  位相面軌跡である。この試験は通常の Z 試験で変針角が舵角にひとしくなった時、反対舷に操舵するかわりに、rate-gyro で測定した回頭角速度がある値に達した時反対舷に操舵する。この場合舵角  $10^\circ$ 、舵反転時角速度  $1.7^\circ/\text{sec}$  である。造船学会論文集 134号「Z 試験の新しい解析法」に従って、この結果から操縦特性常数を求めると図中に示す値が得られた。この値は図 3.2.11 のデータのばらつきの平均値にほぼ対応しており、この船が平均としてはかなり針路安定のよいことを示す。いわゆる異常安定である。

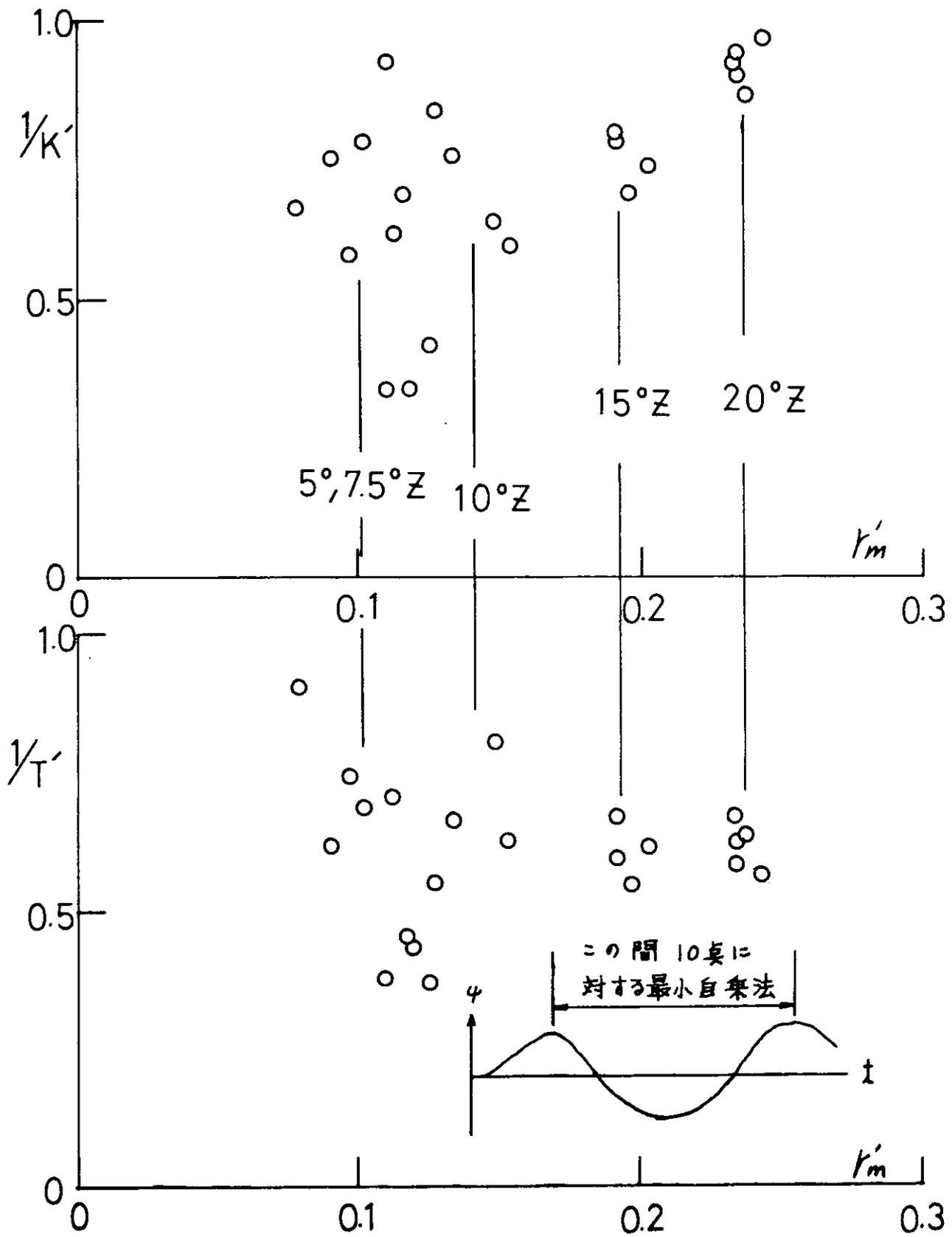


図 3.2.22 5-27型 Z 試験 KT 最小自乗法解析

M.NO.297

SR-154, 5-27

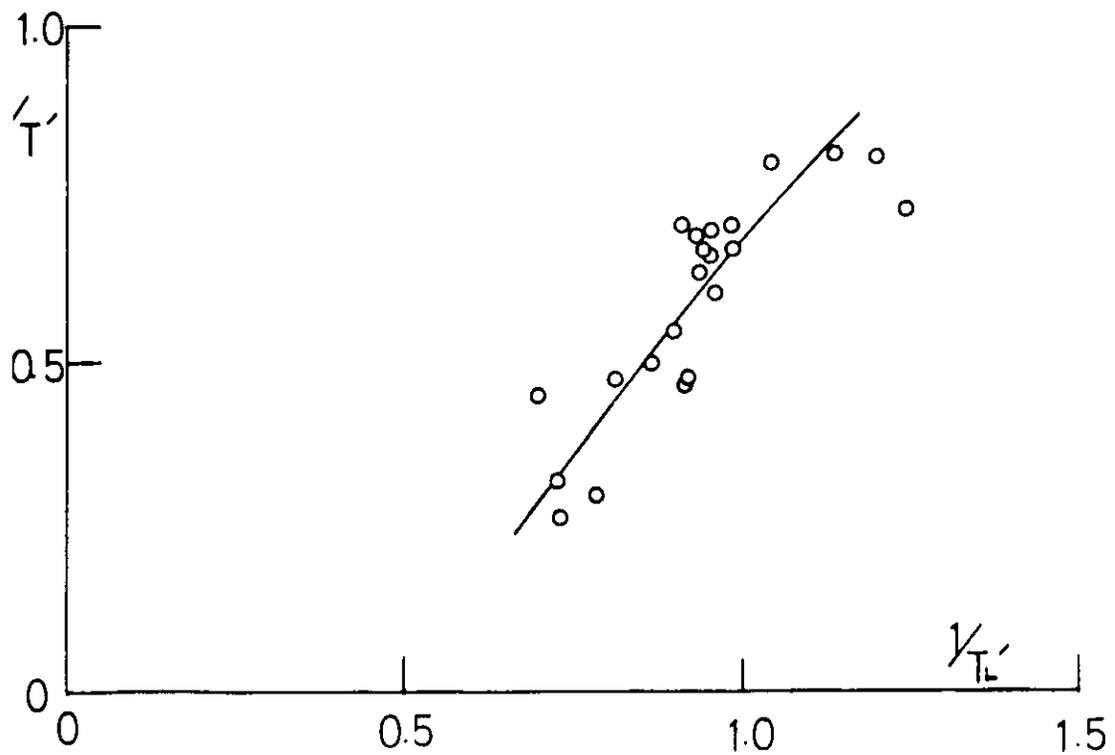
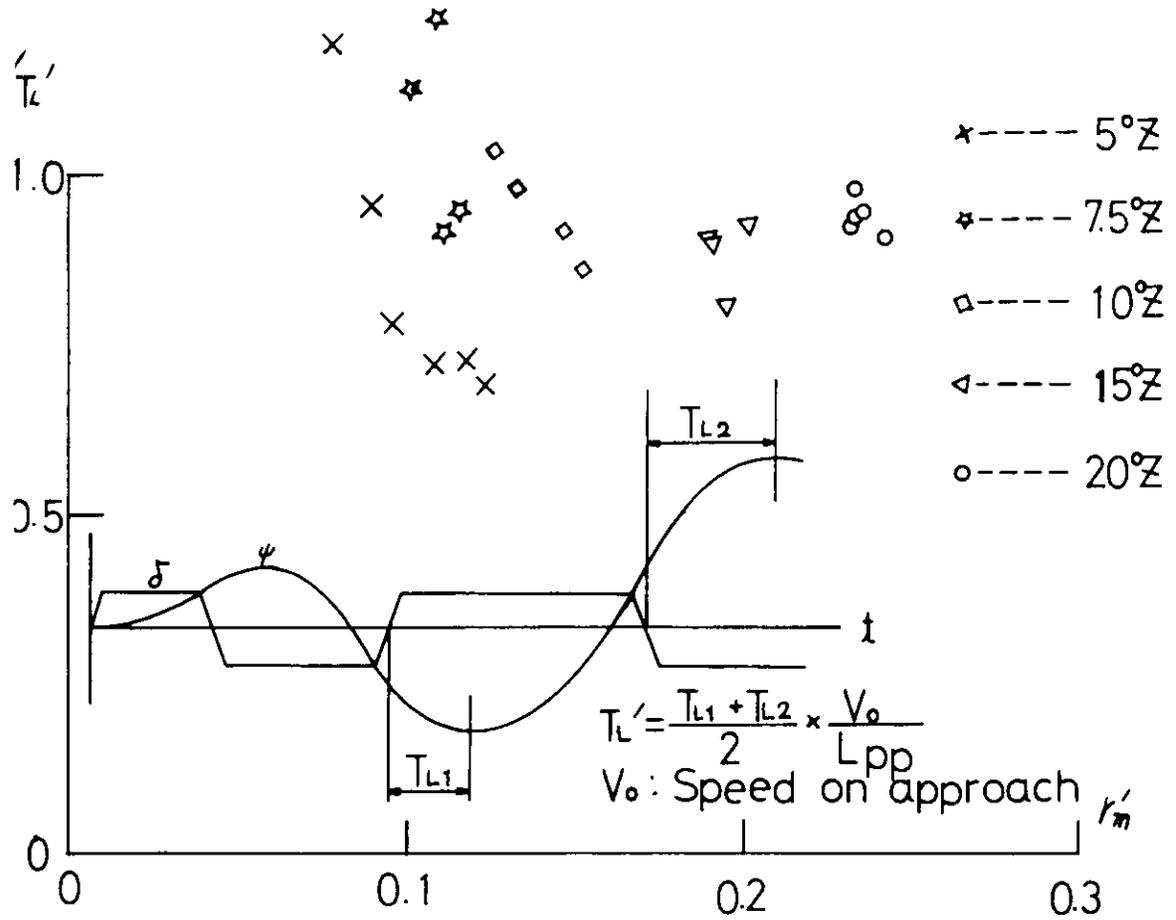
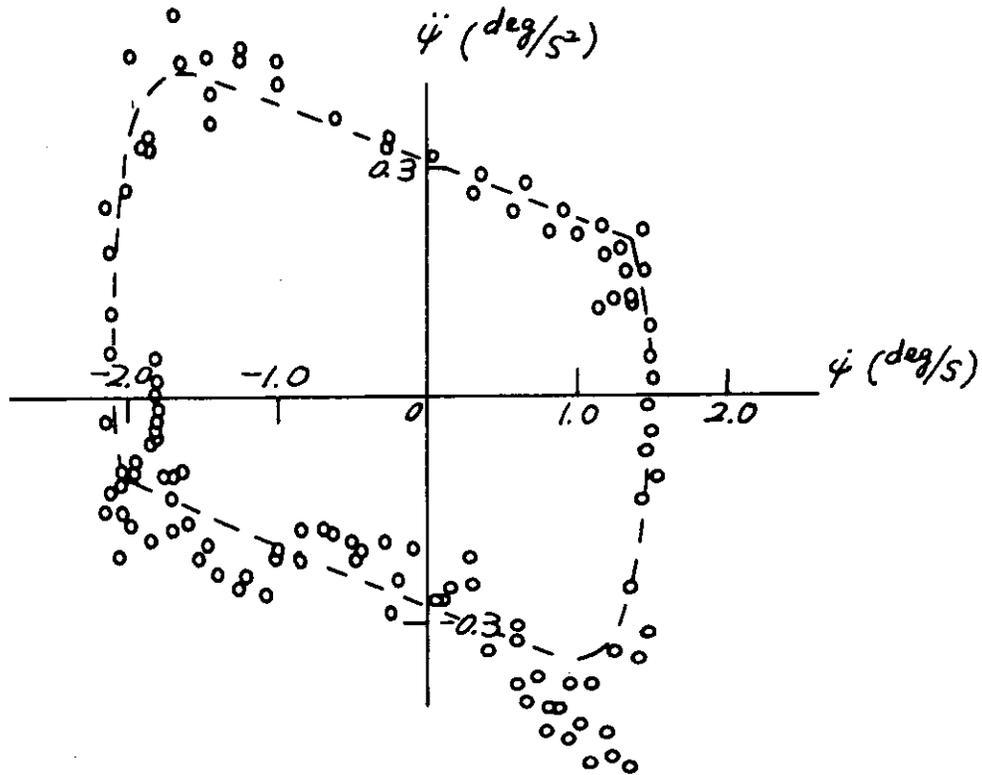


図 3. 2. 23 5-27型 Z 試験 回頭おくれ時間  $T_L$

M.NO.297 PHASE PLANE



10° - 1.7% Y. R. Z.  $V_0 = 0.741 \text{ m/s}$

$V_0$  : Speed on approach

$K \text{ } 1/\text{sec.}$	$T_1 \text{ sec.}$	$T_2 \text{ sec.}$	$T_3 \text{ sec.}$	$\frac{L}{V_0} = 5.398$
0.365	13.4	0.787	0.796	
$K'$	$T_1'$	$T_2'$	$T_3'$	
1.97	2.48	0.146	0.148	

図 3. 2. 24 5-27型角速度Z試験の位相面解析

### 3.3 拘束模型による実験

#### 3.3.1 Quasi-Rotating Arm 装置

##### (1) 本装置の目的

巨大タンカーのような肥大船型の操縦性においては、いわゆる異常現象というものが時折発生し大きな問題となっている。これは船が直進に近い状態で航行しているとき、いかえれば操縦運動としては、角速度および横流れの運動が小さいときに発生することが多く、船の運動が一定に定まらないため操船が非常に困難となることがある。この現象は一般に船尾附近の剝離によって生ずるものと考えられているが、発生のメカニズムがどうなっているのか、あるいはどのような条件の下で発生するのかもつかめておらず、したがって船型要素との関係も明確でない。

この現象を解明するには、基礎的研究を含む多方面からのアプローチが必要であるが、そのうちのひとつとして運動が小さいときに船体に加わる流体力を計測することが考えられる。剝離を調べるには船体の姿勢があまり変らない方がよいはずであるから、中でも Rotating Arm による流体力の計測が最も好ましいと考えられる。

しかし、そのためには、巨大な直径をもつ水槽が必要であり、これを早急に建設することは不可能である。そこでこれに代るものとして、X-Y 型曳航台車をもつ角水槽において、2 台の台車をうまく制御し、大きな円弧の一部を走るように模型を曳航する方法をとることとした。この方法が成功すれば理論的には無限大の半径をもつ Rotating Arm と同等な実験を行なうことができることになる。

この装置を Rotating Arm の役割をするという意味で、Quasi-Rotating Arm と名付け、東京大学船舶航海性能試験水槽に設置することになった。

なお運転の制御方法を変更すれば、大振り強制Yawing 装置、あるいは任意運動を行なっているときの流体力の計測装置としても利用できることはもちろんである。

##### (2) 本装置の構成

本装置は、次のような Hard Ware により構成されている。

###### (a) X-Y 台車 (既設)

幅 30m の水槽をまたぐ X 台車の上のレールを Y 台車が走り、30m×50m の角水槽全体をカバーできる。(図 3.3.1)

台車は、サーボアンプにより駆動されており、その入力端子にアナログ電圧を加えると、その電圧に比例した速度で動くようになっている。

###### (b) 模型回転装置 (既設)

この装置は、Y 台車の下に取付けてあり、検力計を介して模型を曳航する。Rotating Arm では模型の偏角を一定に保つ必要があるため、この装置を回転することにより、X-Y 台車の接線方向に対して模型が常に一定の偏角になるよう制御する。

これもサーボアンプにより駆動されており、指令電圧に比例した角速度で回転する。特殊な減速装置を用いているため、1/440 という大きな減速比をとっているにも拘らず、非常にスムーズに微速で模型を回転させることができる。

###### (c) 航跡制御用ミニコンピューター及び台車位置計測装置 (新設)

主な仕様を表 3.3.1 及び表 3.3.2 に示す。制御の方式は図 3.3.2 に示すように、まず一定の時

間隔をおいて模型のとるべき航跡を3方向( $X, Y, \phi$ )について計算し、その値を加減算カウンタにより計測した実際位置と比較し、誤差に応じてその時刻における模型がもつべき3方向の速度を修正し制御量を計算する。計算結果は直ちにDA変換器に入れてアナログ量とし、これを台車および回転装置のサーボアンプに入れる。

この操作をくり返すことにより模型は、Rotating Arm に取付けられたと同じ動きをすることになるので、そのときの検力計の値を読取ればよい。

検力計の読みは、一定時間毎にAD変換器で読取り、実験終了後、平均値、分散、サンプル数などをタイプライターに印刷する。

### (3) 運転用ソフトウェア

ソフトウェアは全部アセンブラにより書かれており、次のようなプログラムモジュールに分れている。これらをシステム編集することにより、リアルタイムシステムを構成することができる。

#### (a) PARAMETER SET (PST)

円弧の半径、偏角、模型の速度等をタイプライターにより会話形式でセットする。

#### (b) RUN

PSTモジュールにより指定されたパラメータによって台車を運転し、かつAD変換器により検力計の読取りを行なう。

#### (c) RETURN (RTN)

実験終了後模型を原点に戻す。

#### (d) PRINT (PRT)

計測結果をタイプライターにより印刷する。

#### (e) CALIBRATION (CAL)

検力計および加減算カウンタの内容を印刷し、較正を行なう。

#### (f) FUNCTION SELECT (FST)

タイプライターから割込をかけることにより、このモジュールが起動され、上記(a)~(b)のモジュールをカッコ内の略号により任意の順番で起動させる。

以上の他、非常停止、手動運転、電源異常時の処理などのプログラムが組込まれている。

図 3.3.3 にタイプライターにより指令を与え、一回の実験が終了するまでの模様を示す。このように全ての指令はタイプライターから行なえるので、模型を一度装置にとりつければ、あとはタイプライターとの会話だけで全ての状態の実験ができる。

## 3.3.2 計測結果及び考察

本年度は台車の制御方法を確立することが目的であるからほぼ完成したシステムがどの位の精度をもっているかという点に重点をおき、合せてSeries 60 船型についての計測結果の一例を述べる。

### (1) 制御の精度

位置の誤差、指令電圧、模型に加わる流体力を、半径30mの場合を図3.3.4~図3.3.6に、半径10mの場合を図3.3.7~図3.3.9に示す。

位置の精度は予想以上に良好であり、特に回転方向の精度は非常に良い。但し半径が小さくなると、台車は一度停止した後、逆方向へ動くことになるため、台車の速度の制御が低速時に悪化する

ためやや精度が落ちる。

一方指令電圧にもこの傾向が見られ、制御電圧がなめらかでなくなる。即ち位置精度が悪くなる  
と、これを修正する電圧が不規則に加わる訳である。この指令電圧はそのまま台車の加速度として  
出てくるので力の計測に直接きき、バラツキが激しくなっている。

## (2) 流体力の計測

本装置の信頼性を確かめるために、過去に多くの実験が行なわれている Series 60,  $C_b=0.6$   
の  $m$  模型について実験を行なった。図 3.3.10、図 3.3.11 に Side Force 及び Moment の  
結果を、江田・Crane の結果 (TSNAM, 1965) と比較して示す。

今回の実験は速報的なものであり、多くの細かい点で改良しなければならない所が残っており、  
まだ実験点のバラツキが大きい。現在の段階ではまだなんとも言えないが、当初の目的である半径  
の大きい所、図でいえば  $r'$  の小さい所のデータが傾向としてはおかしくない形で求められている  
ことを見ると、今後の改良により本装置は十分役に立つものと期待できよう。

## (3) 今後の問題点

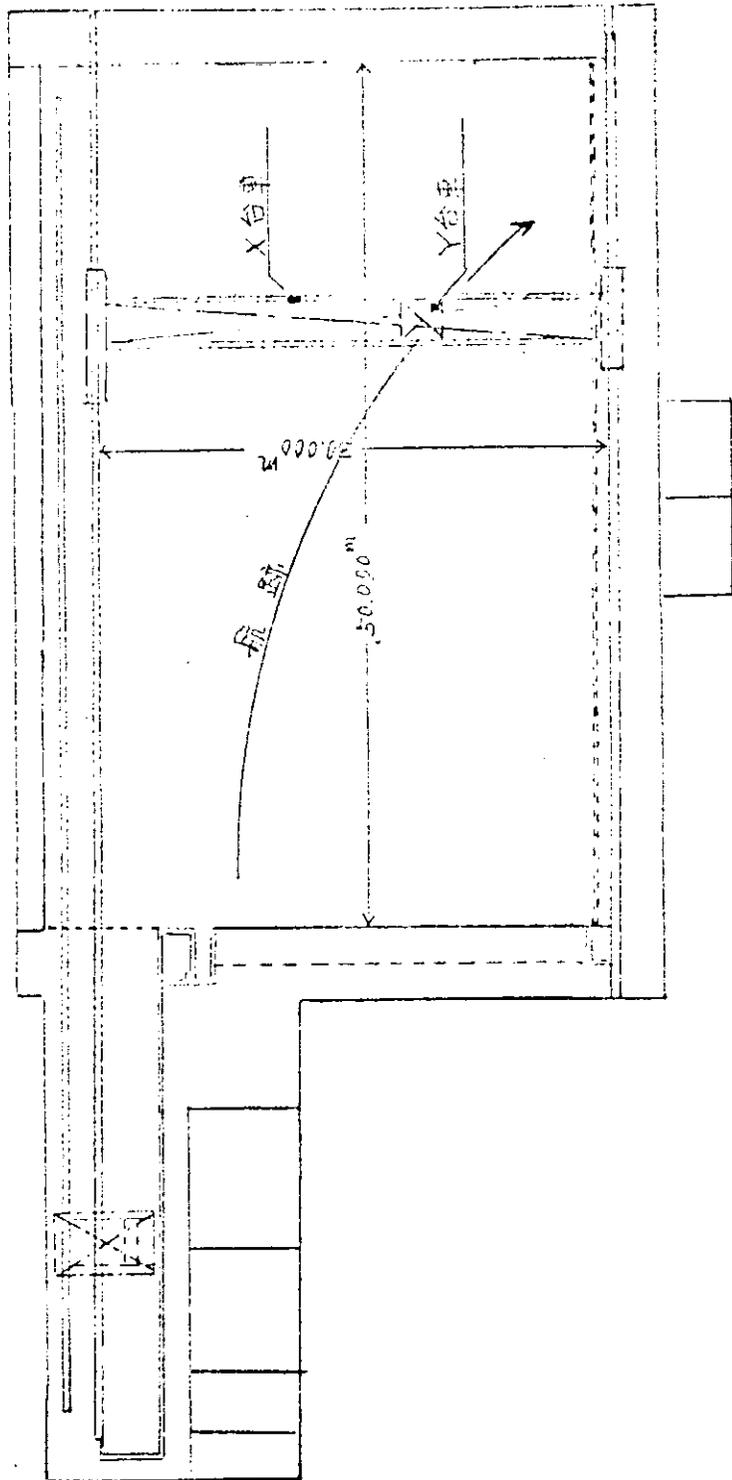
本年度で本装置は一応稼動可能な状態に入ったが、

- (a) 実験点のバラツキが大きい。
- (b) 半径の小さい所で精度が落ちる。

という 2 点の問題点を残している。今後はこれらの点に改良を加えなければならないが、(a)につい  
ては、データ読取りのタイミングフィルターの採用などにより、経験を積むことにより相当改良  
の余地が残っている。一方(b)は、台車をなるべくスムーズに走らせておいて、実験結果から逆に今  
何  $m$  の半径で走ったかを調べ、その状態での実験点としてデータを採用するという逆の見方も考え  
られる。

現在システムとして一応の形を整えたという段階で結論を述べるのは早計ではあるが、当初の目  
的である、半径の大きな Rotating Arm の代用としての役割は十分に果せる見込みが立ったとい  
う事は言えよう。

本年度の肥大船型の、流体力の計測は終り、現在解析中であるが、異常現象の手懸りがつかめる  
ことを期待している。



3.3.1

/ SRCHD YURN

```
*FUNCTION SELECT*
e:CAL
*CALIBRATION
XYPSY:-10000 0 . 0
ASCHV: 2040 2040 2040
```

e:END

```
*FUNCTION SELECT*
e:PST
```

```
*PARAMETERS*
L SET? e:YES
LPP= e:3.0
ORISH SET? e:YES
X0= e:-10000
Y0= e:0
PSY= e:0
CONDH SET? e:YES
RAD= e:10.0
VEL= e:0.8
BETA= e:6.0
```

```
*PARAMETERS*
ORICH X0=-10000
YC= 0
PSY= 0
CONDH RAD=.10000 02
VEL=.80000 00
BETA=.60000 01
LPP=.30000 01
```

```
*FUNCTION SELECT*
e:RUN
```

```
*FUNCTION SELECT*
e:REI
```

```
*FUNCTION SELECT*
e:PRT
```

```
RAD=.10000 02
VEL=.80000 00
BETA=.60000 01
L/RAD=.30000 00
```

製品名	数量	FACOM-U200
マイコンボード	1台	16KB
汎用プロセッサ制御ユニット	2式	

表 3-3-1 航跡制御用ミニコンピュータ仕様

加減算カウンタ	3台(X, Y, φ)
A/D変換器	16チャンネル
D/A変換器	3チャンネル

表 3-3-2 台車位置制御装置仕様

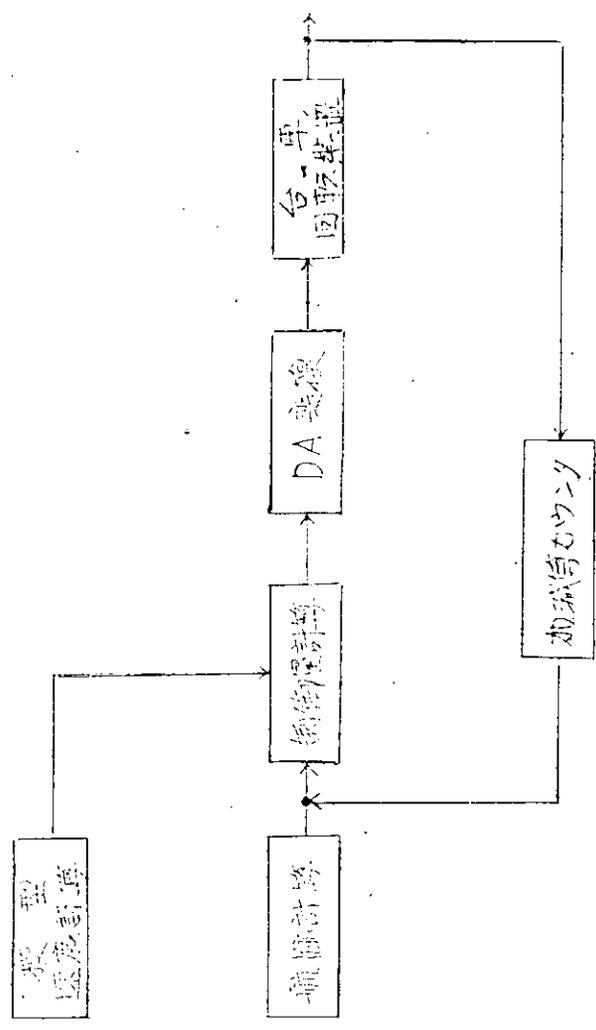


図 3.3.2 制御方式

図 3.3.3

$RAD = 30.0 \text{ m}$   
 $VEL = 0.8 \text{ m/sec}$   
 $BETA = 6.0^\circ$   
 $L/R = 0.1$

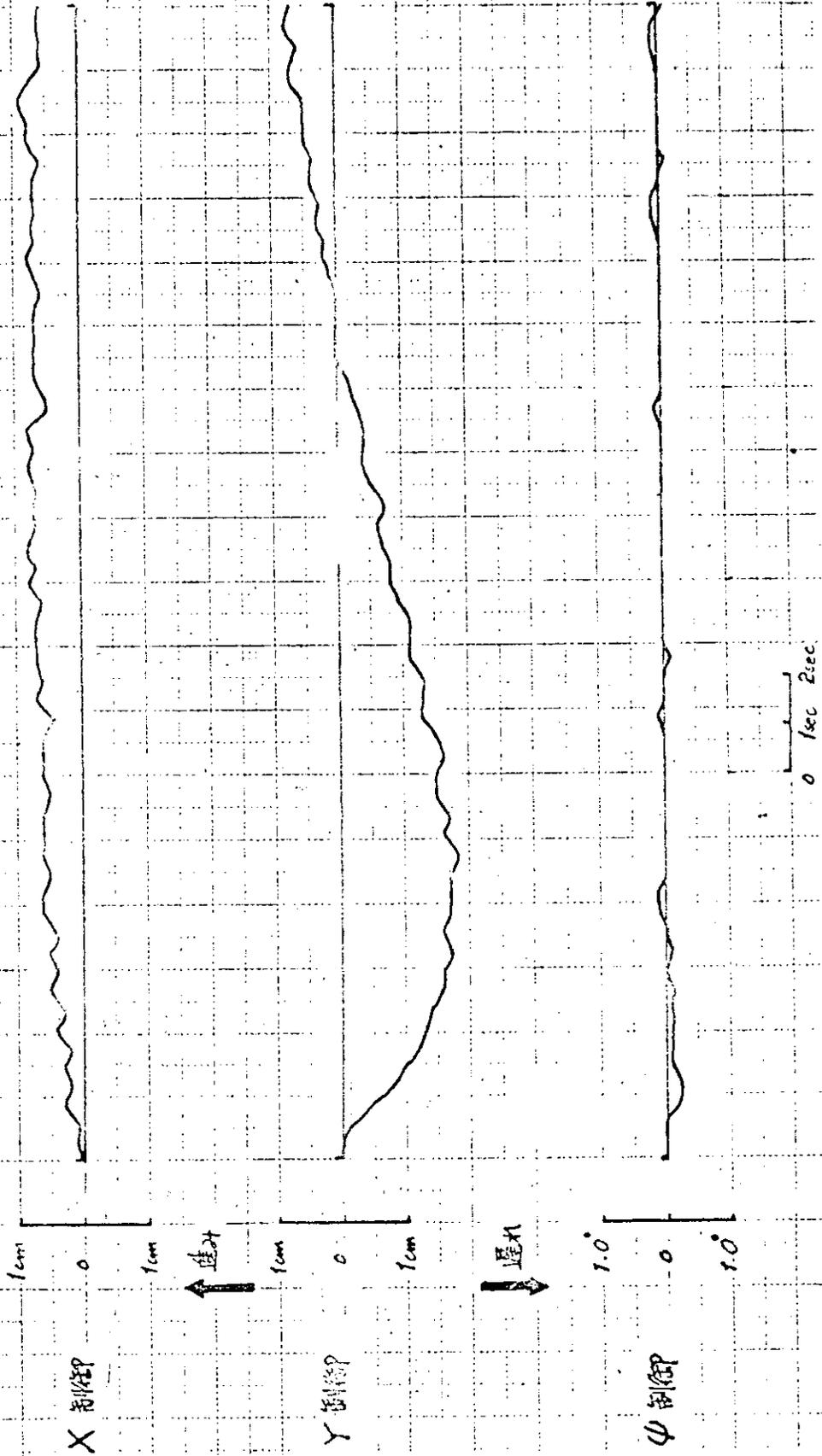


図 3.3.4 軌道誤差

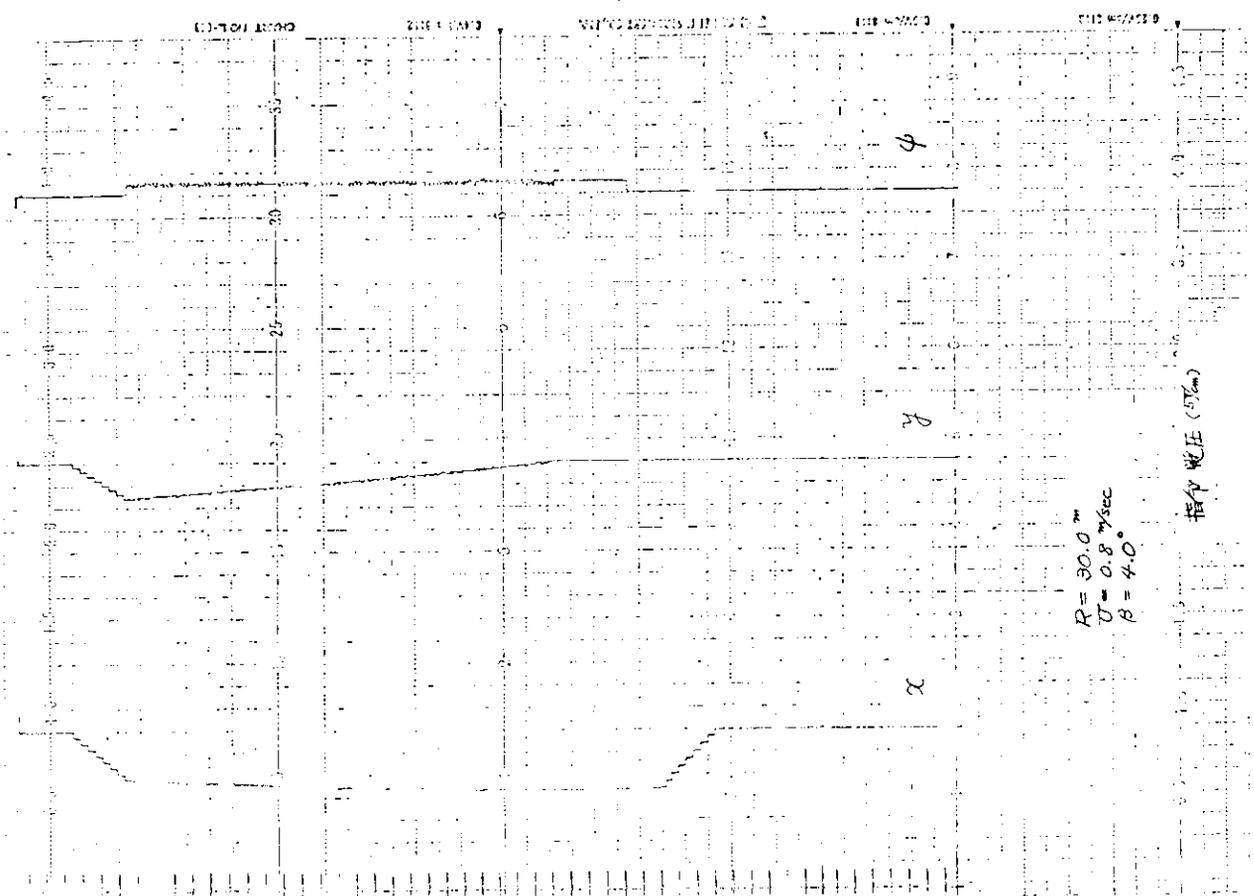


图 3.3.5

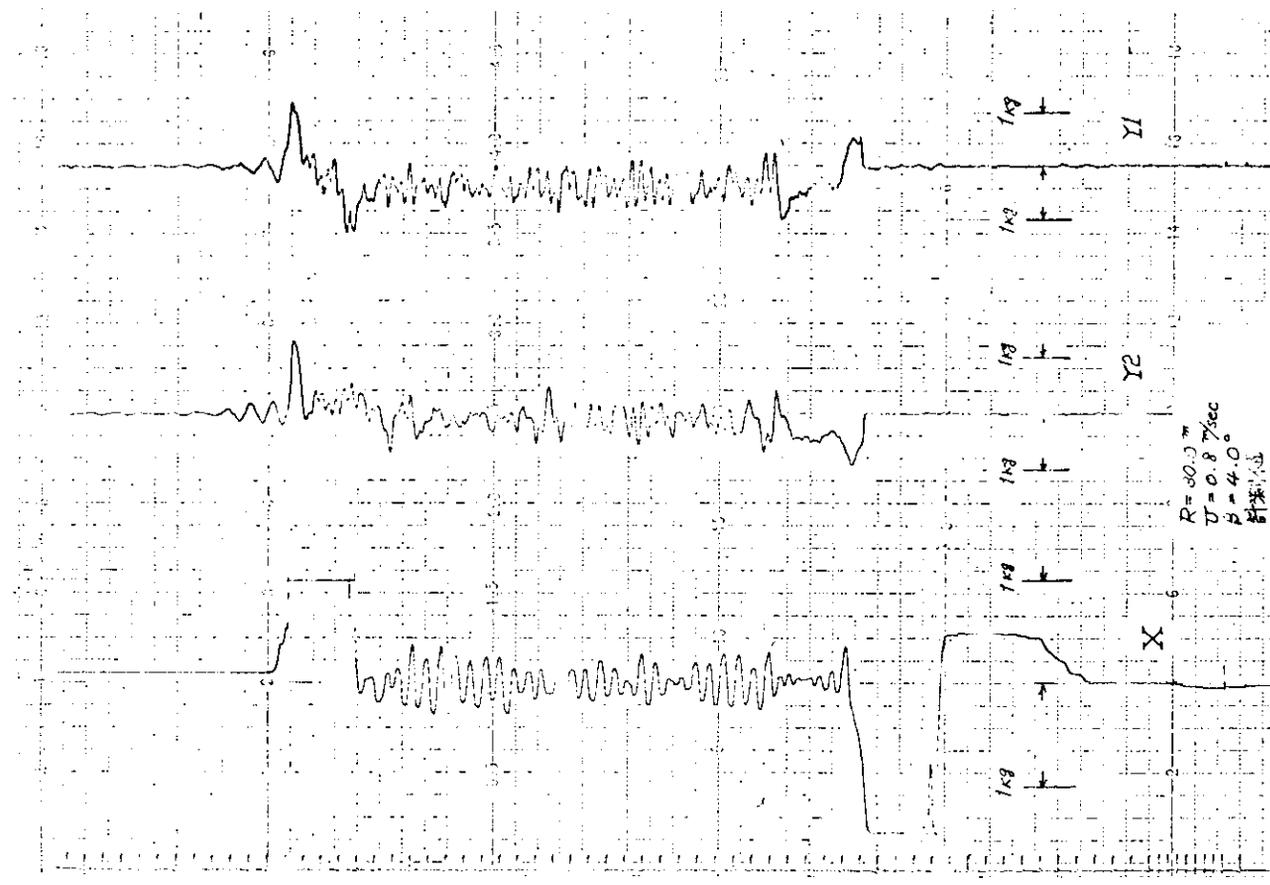


图 3.3.6

= 指令位置に対する偏差の推移 =

RAD = 10.0 m  
 VEL = 0.8 m/sec  
 BETA = 6.0°  
 L/R = 0.3



図 3.3.7 軌道誤差

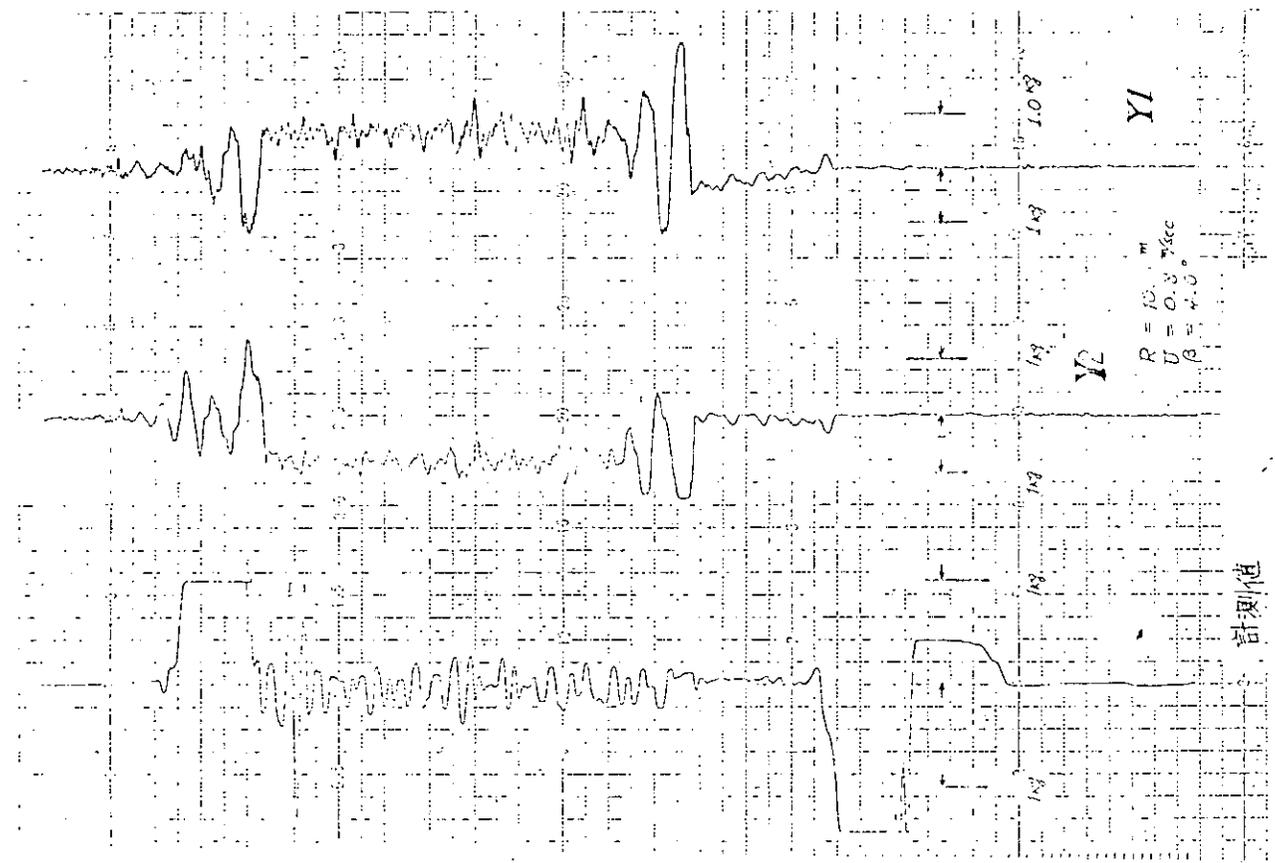


図 3.3.9

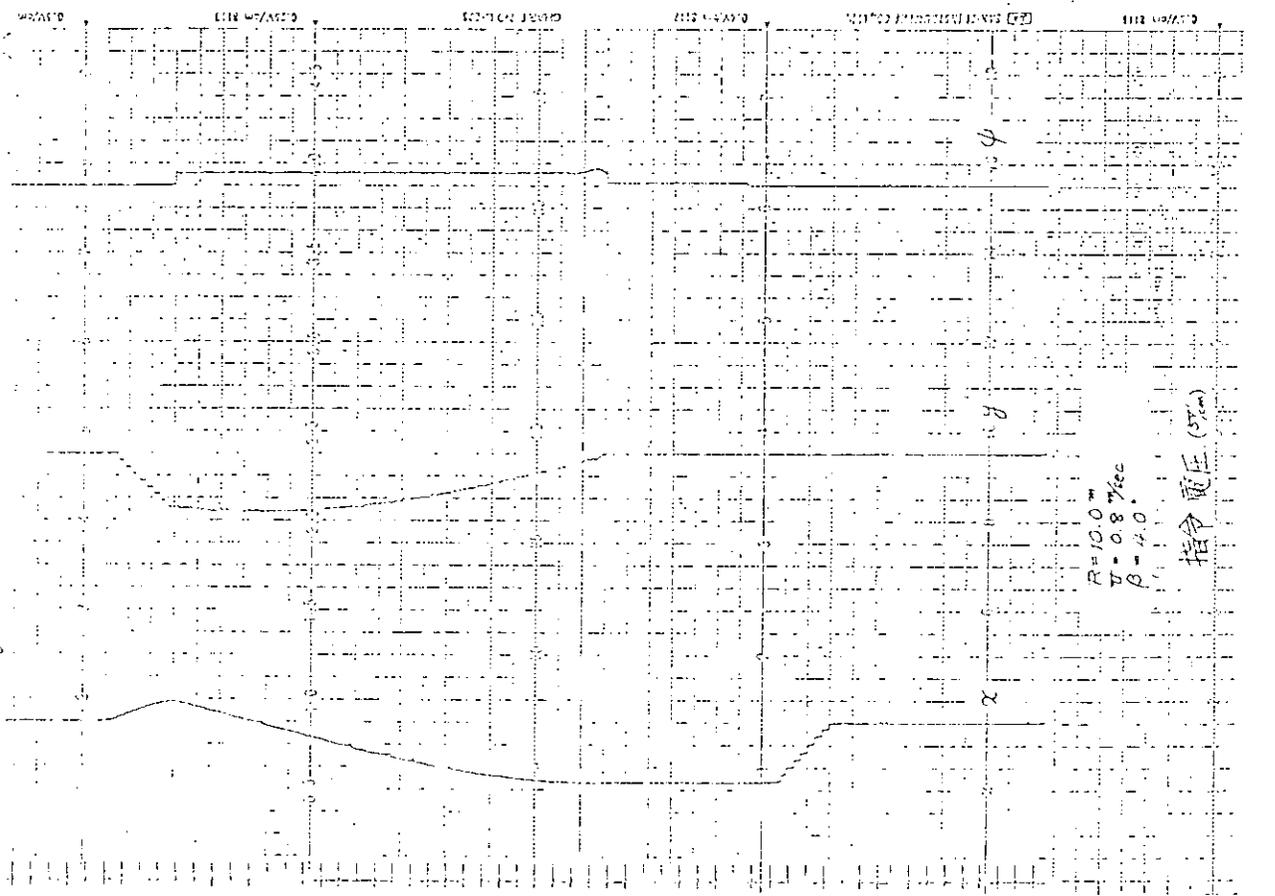
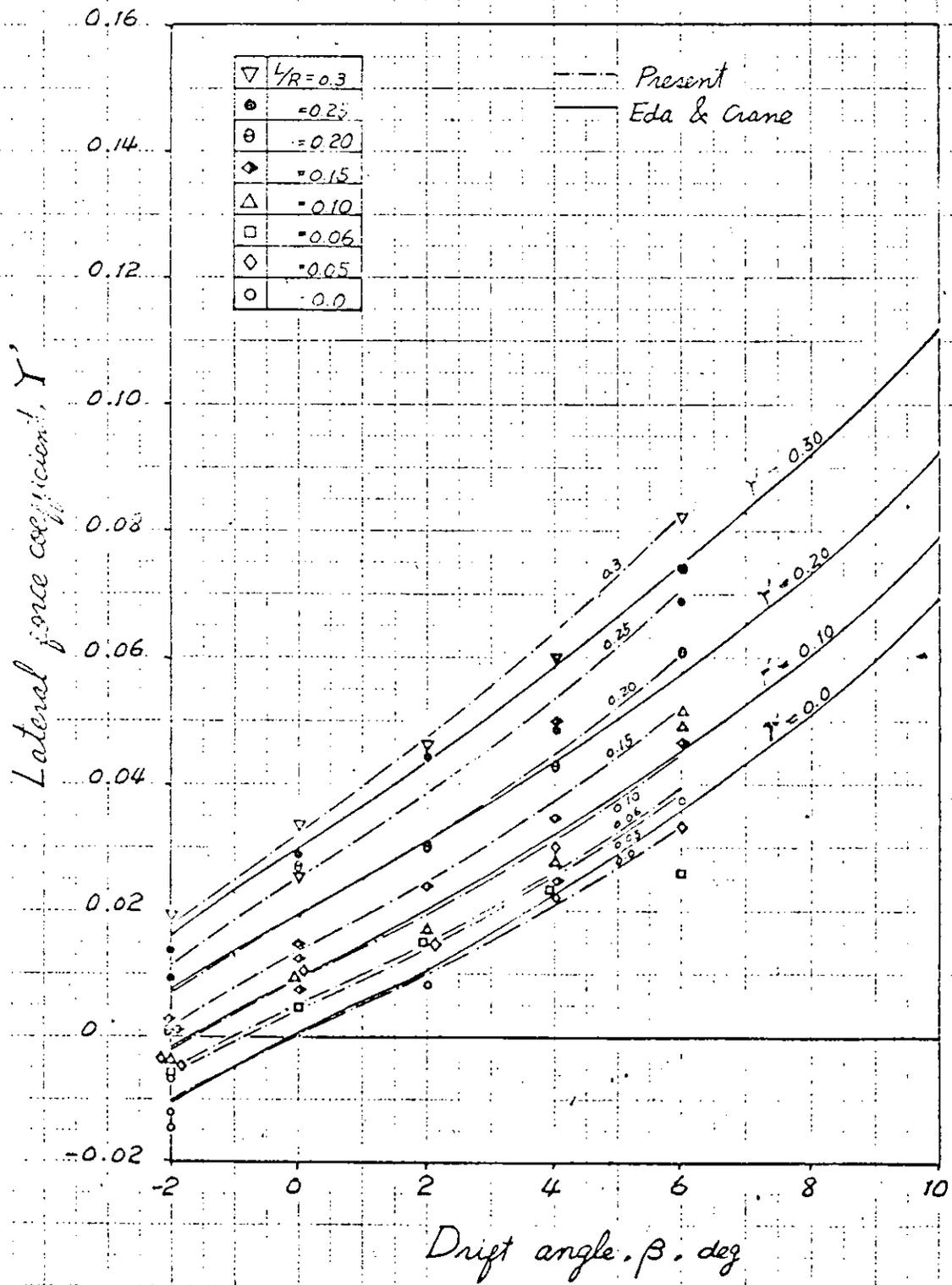
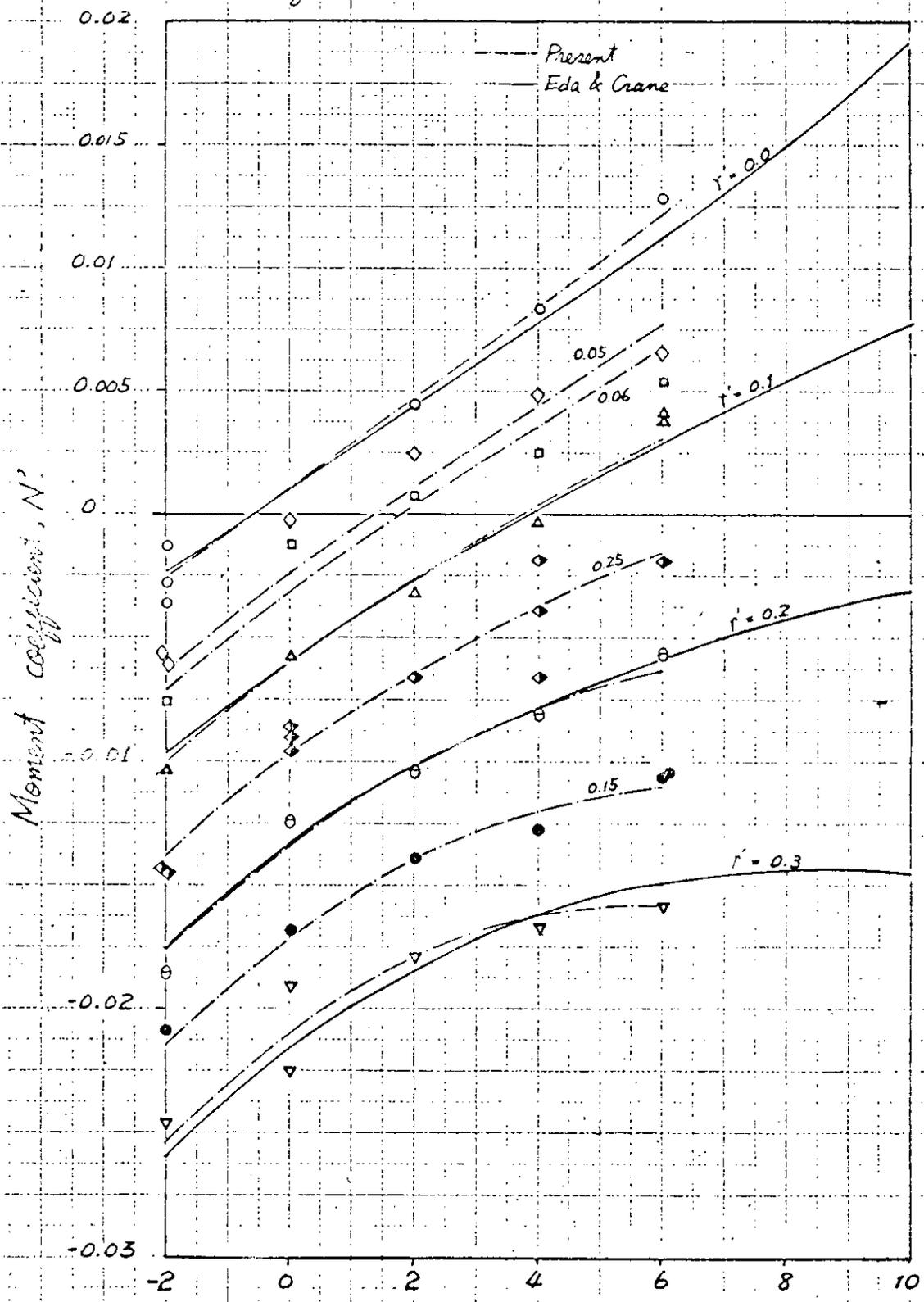


図 3.3.8

Variation of lateral force coefficient with drift angle and turning rate (Model-60)



Variation of moment coefficient with drift angle  
and turning rate (Model 60)



3.3.11 Drift angle,  $\beta$ , deg

## 4 制限水路における運動性能に関する研究

### 4.1 浅水域における自由航走模型実験

#### (1) 目的

浅水域における流体力の研究に先立ち比較的広巾の船型による自由航走模型の旋回試験を行い、水深並びに速度（港内速度程度）の影響を見るのが目的である。

#### (2) 使用模型船

長さ 2.5 m の木製模型船 2 隻を使用しており、実験状態を表 4.1.1 に示す。なお実験は九州大学設置の運動性能水槽において行われた。

#### (3) 実施した実験

船速は harbour full 10kt, harbour slow 6kt, harbour dead slow 4kt の 3 種とし、水深  $H$  は  $H/d$  1.1, 1.3, 1.5, 2.0, 2.5, 3,  $\infty$  になるように調整し、舵角  $\delta$  が左右  $5^\circ$  おき  $\pm 40^\circ$  に至る範囲について旋回試験を行い、 $H/d = \infty$  の場合は通常のスパイラル試験を加えた。そして船速、偏角、曲率半径を写真撮影により計測しているが、本報告においては  $r' \sim \delta$  をもとに解析している。

#### (4) 求められた結果による考察

図 4.1.1 ~ 図 4.1.14 に船速 10kt 相当の  $r' \sim \delta$  曲線を、図 4.1.15、図 4.1.16 に水深の影響を示している。なお本実験では船速 10kt 相当の模型速度においては  $H/d = 1.1$  においても触底していない。 $\delta = \pm 5^\circ$  の範囲は異常現象も考えられるので、それ以上の舵角について検討する。

大舵角の時は  $H/d$  が小さくなる程  $r'$  は小さく、その傾斜が緩かくなる。然し  $H/d$  2, 2.5, 3 の  $r' \sim \delta$  曲線は或る舵角以下 ( $10^\circ \sim 20^\circ$ ) では、無限水深の曲線と交叉しその角度以下では  $r'$  は大きく、その傾斜は緩かとなる。この事は SR98 の実験においても確認されている。

5-27型は 4-34型にくらべ  $r'$  は小さく傾斜も緩かとなる。

図 4.1.17、図 4.1.18 は  $H/d = 1.1$  の場合の船速 10kt、4kt の  $r' \sim \delta$  曲線を示してあるが (6kt, 4kt の場合はほとんど差なし) 船速が増すと  $r'$  は減少する。即ち停止時の  $H/d = 1.1$  に対し 10kt の場合が見掛上  $H/d$  がより小さくなっていると考えられる。水深が増すとその差は少なくなると考える。

表 4.1.1

PRINCIPAL DIMENSIONS				
	SHIP	MODEL	SHIP	MODEL
LENGTH P.P (L)	464.0M	2.500M	431.0M	2.500M
BREADTH MLD (B)	92.8M	0.500M	107.7M	0.625M
DRAFT (d)	34.0M	0.183M	31.6M	0.183M
$\Delta$		187.73K <sub>g</sub>		234.74K <sub>g</sub>
$C_B$		0.820		0.820
L/B	5.00		4.00	
B/d	2.73		3.41	
L/d	13.65		13.65	
TRIM	0.00% L		0.00% L	
$\delta_{cb}$ IN % OF L	-3.10% L		-3.05% L	
$A_R/Ld$	1/50		1/50	
V	10 Kts	0.378 M/SEC	10 Kts	0.392 M/SEC
$F_{n_v}$	0.0763		0.0792	
V	6 Kts	0.227 M/SEC	6 Kts	0.235 M/SEC
$F_{n_v}$	0.0458		0.0475	
V	4 Kts	0.151 M/SEC	4 Kts	0.157 M/SEC
$F_{n_v}$	0.0305		0.0317	
SCALE RATIO ( $\alpha$ )	185.6		172.4	

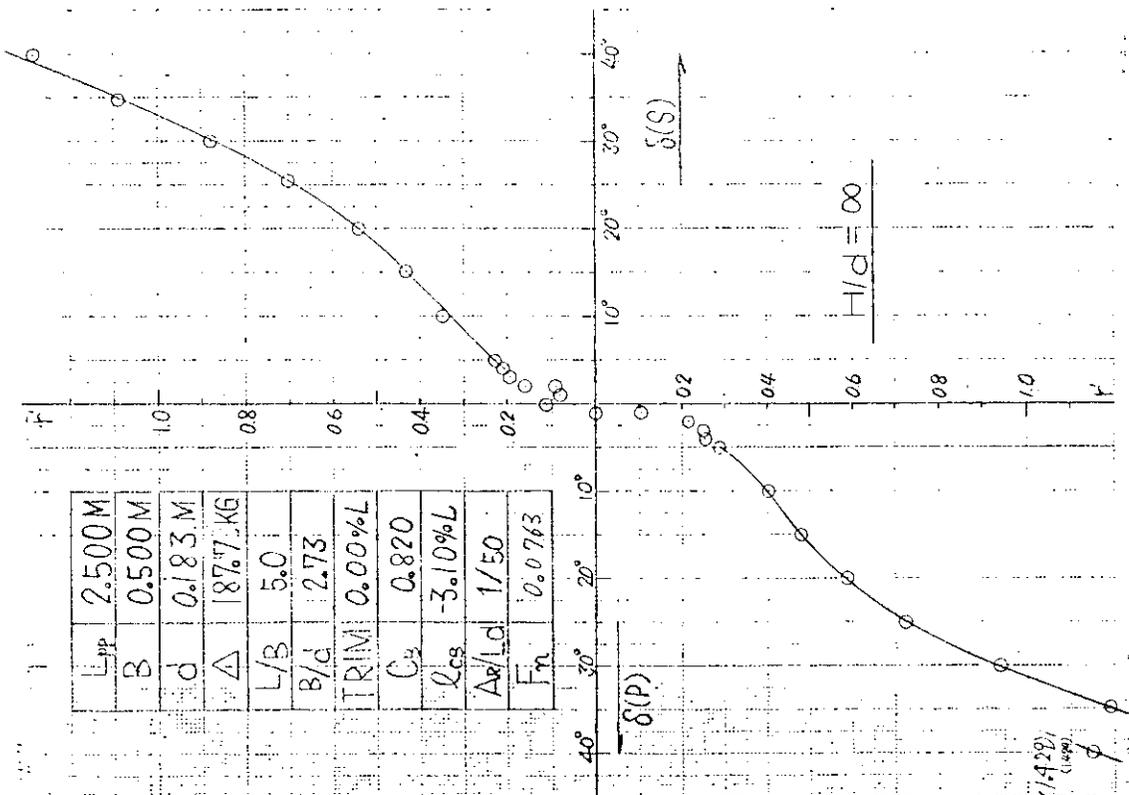


图 4.1.1

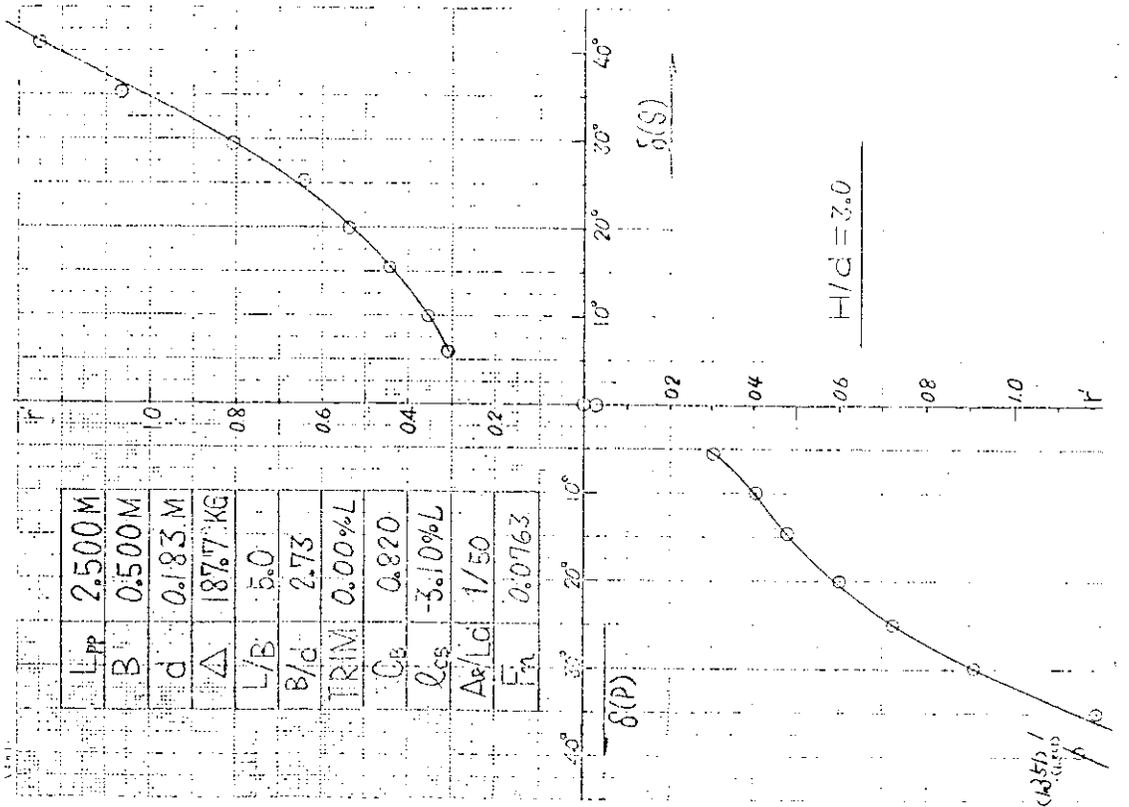


图 4.1.2

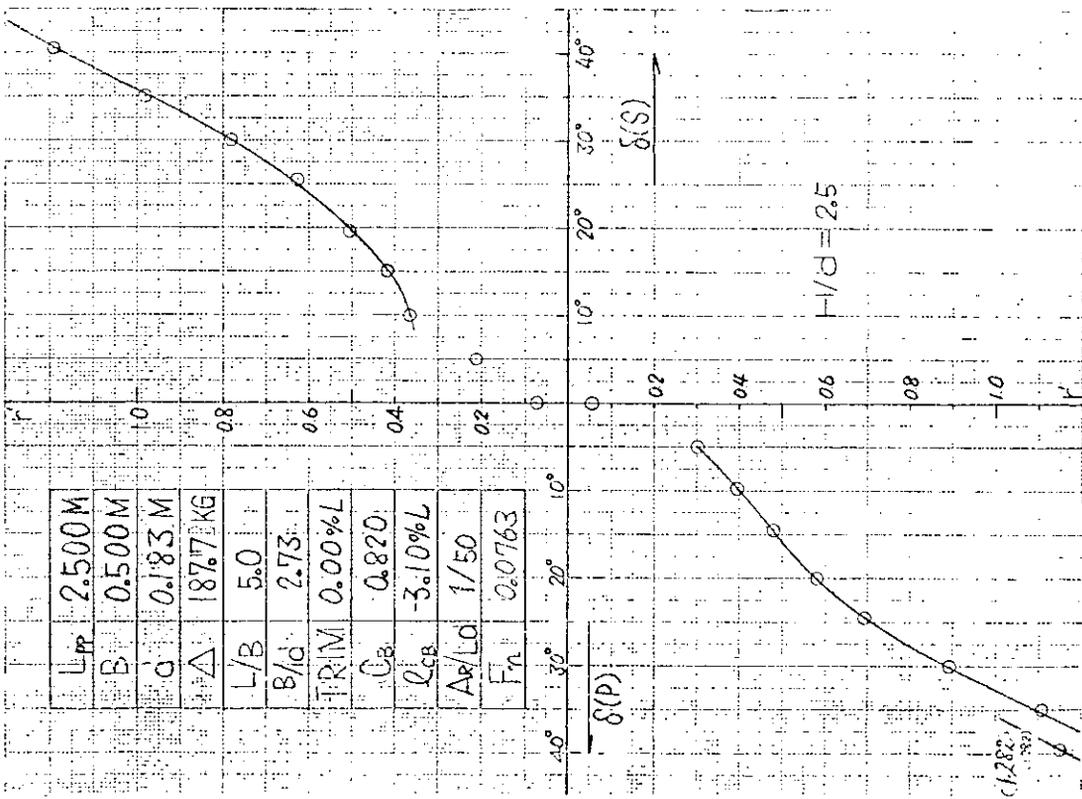


图 4.1.3

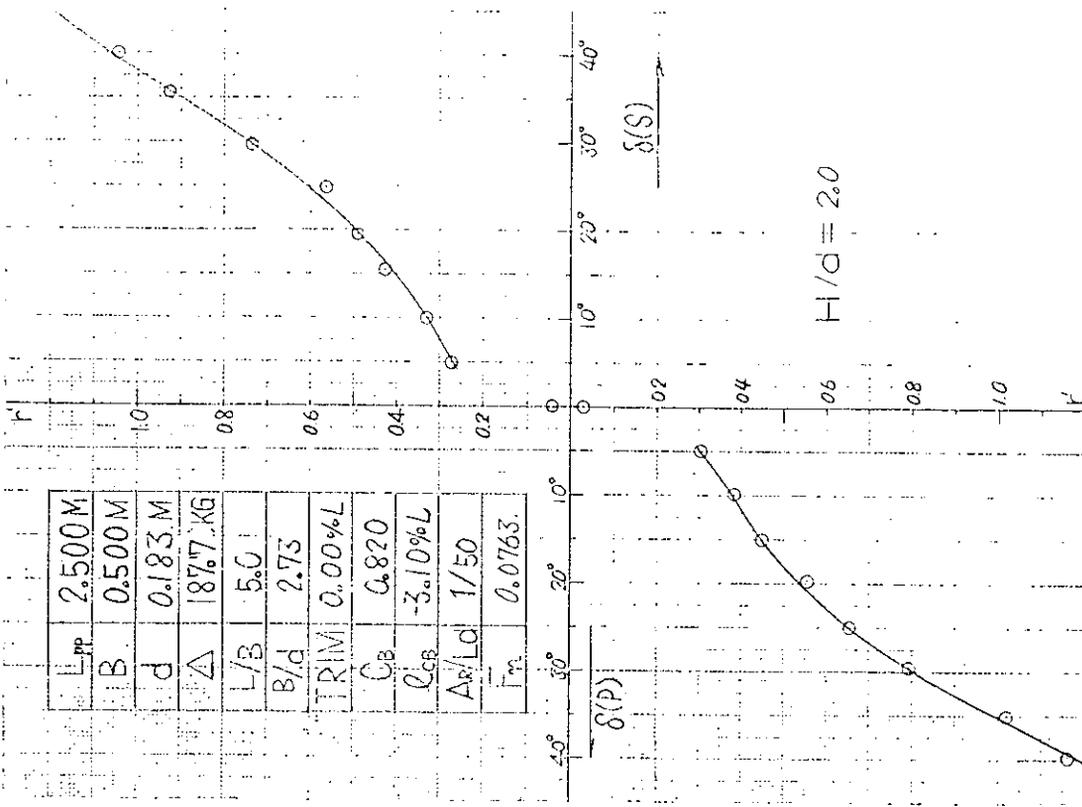
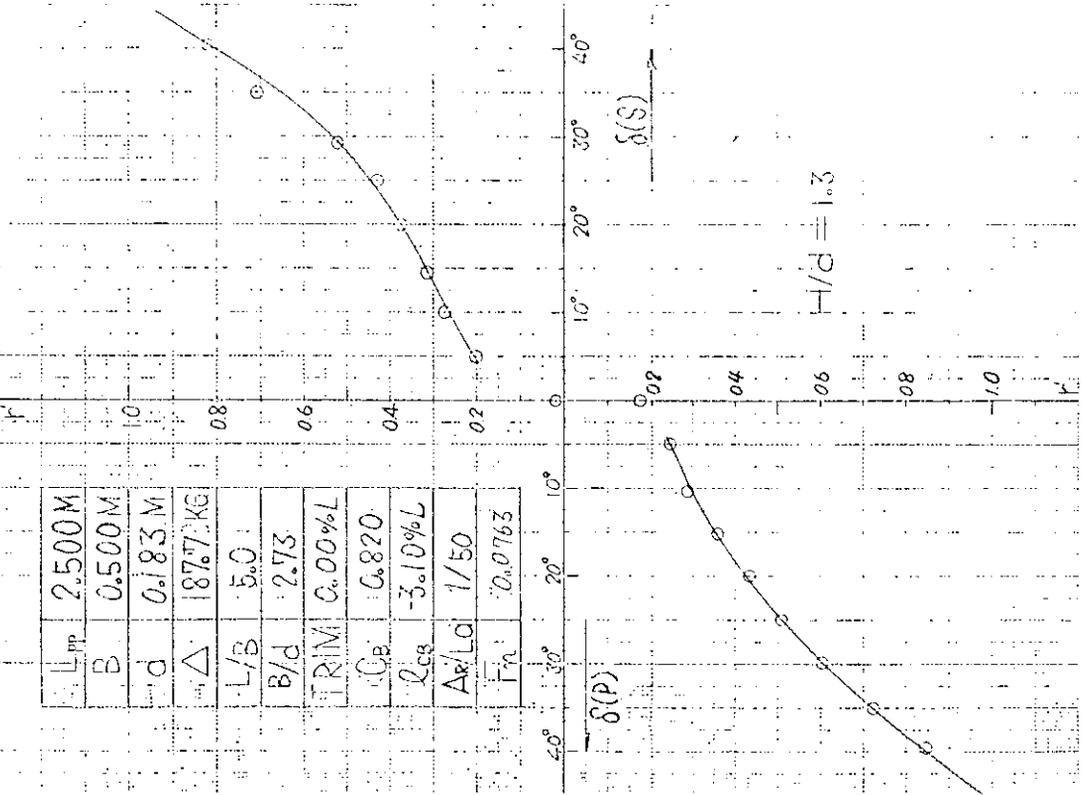
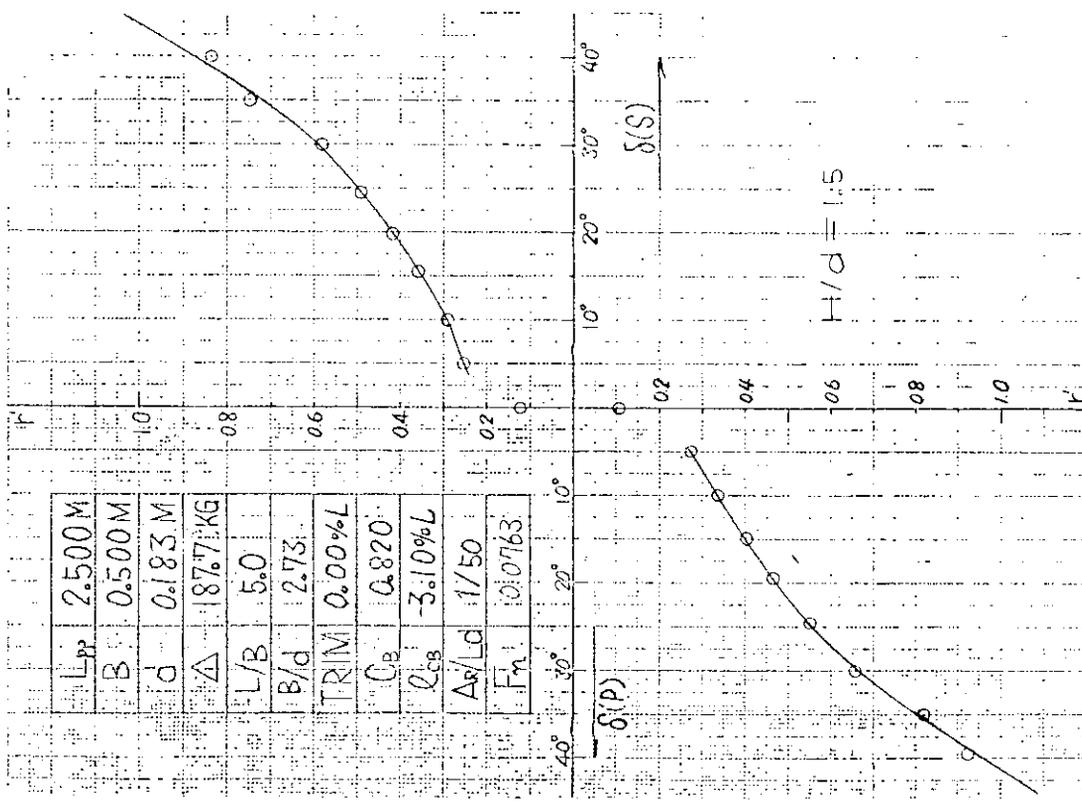


图 4.1.4



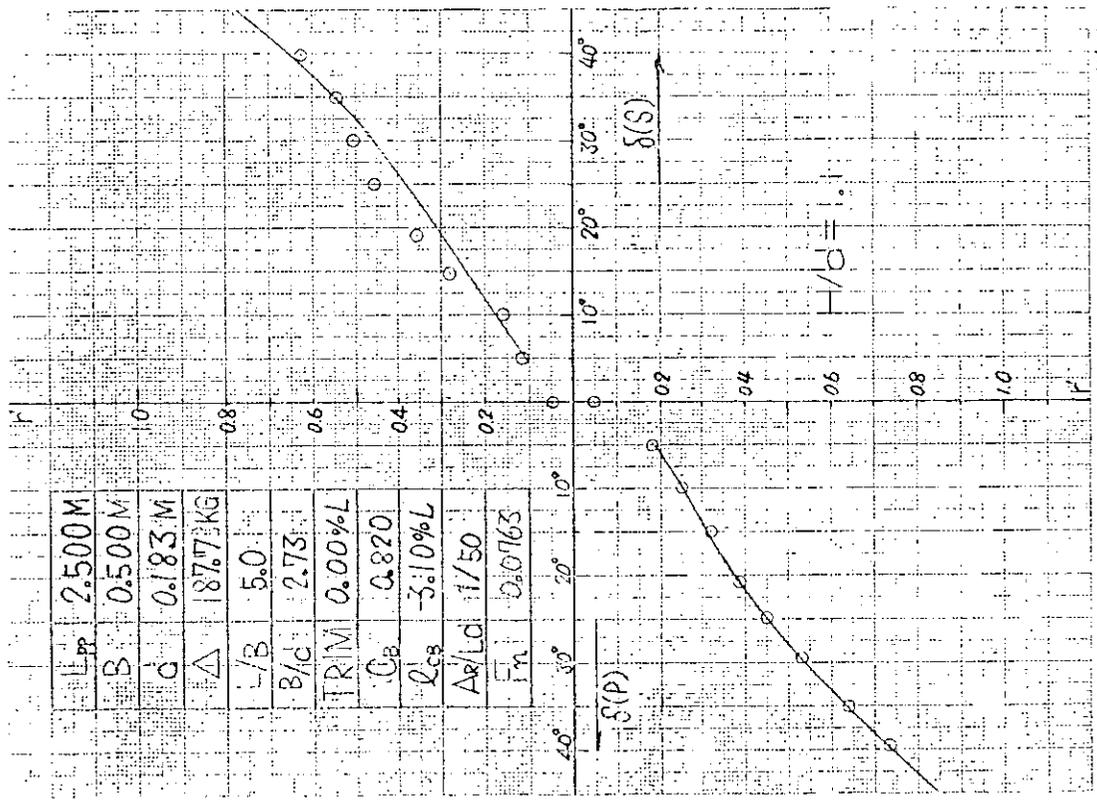
L <sub>PP</sub>	2.500M
B	0.500M
d	0.183M
Δ	18.7%KG
L/B	5.0
B/d	2.73
TRIM	0.00%L
C <sub>B</sub>	0.820
Q <sub>CB</sub>	-3.10%L
A <sub>v</sub> /L <sub>d</sub>	1/50
F <sub>m</sub>	0.0763

☒ 4.1.6

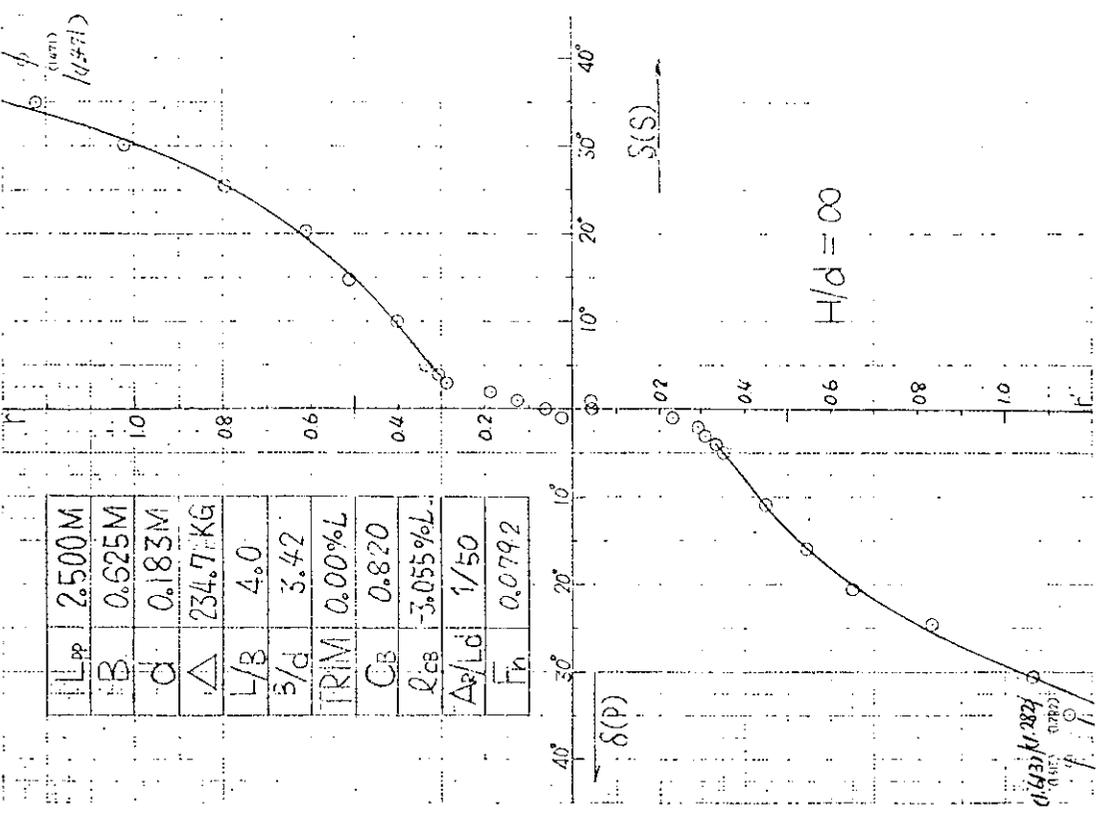


L <sub>PP</sub>	2.500M
B	0.500M
d	0.183M
Δ	18.7%KG
L/B	5.0
B/d	2.73
TRIM	0.00%L
C <sub>B</sub>	0.820
Q <sub>CB</sub>	-3.10%L
A <sub>v</sub> /L <sub>d</sub>	1/50
F <sub>m</sub>	0.0763

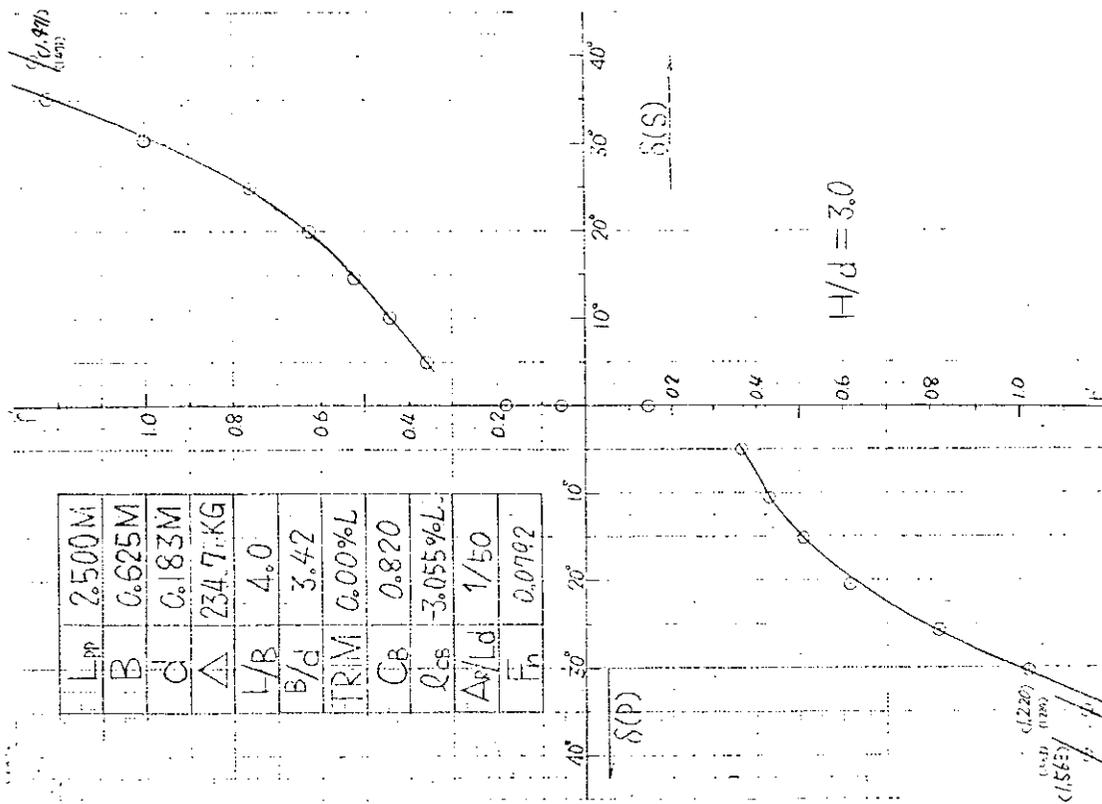
☒ 4.1.5



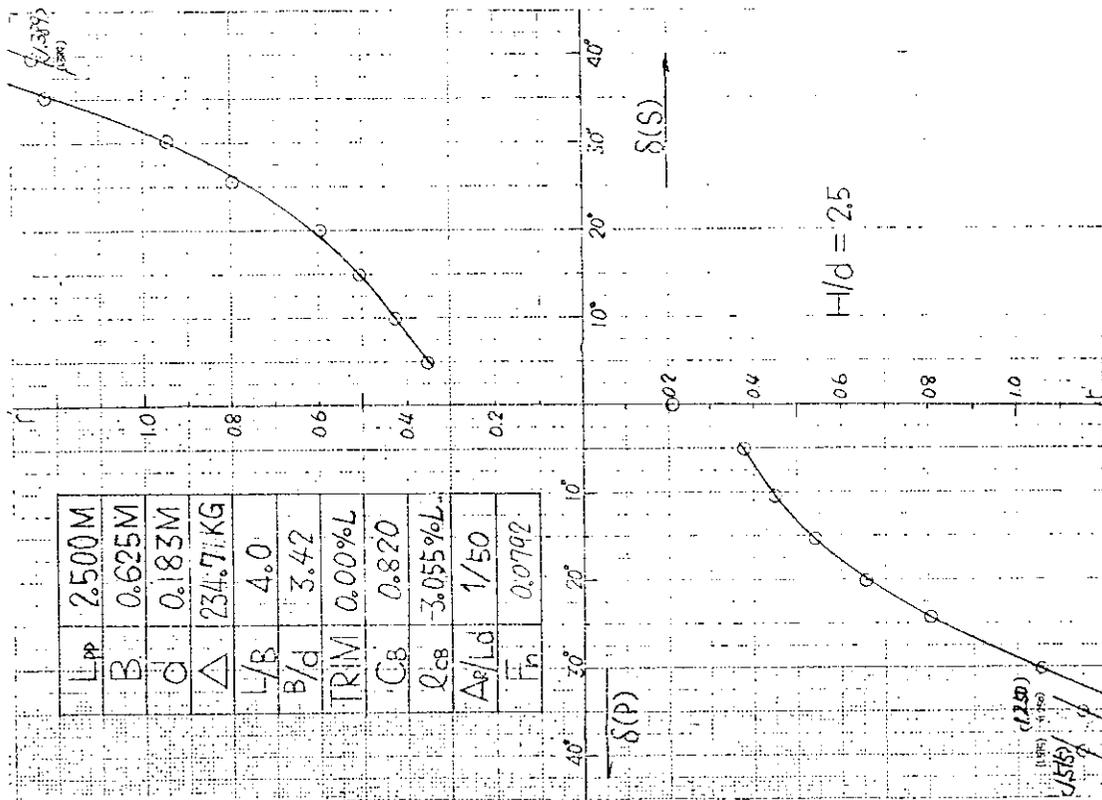
4.1.7



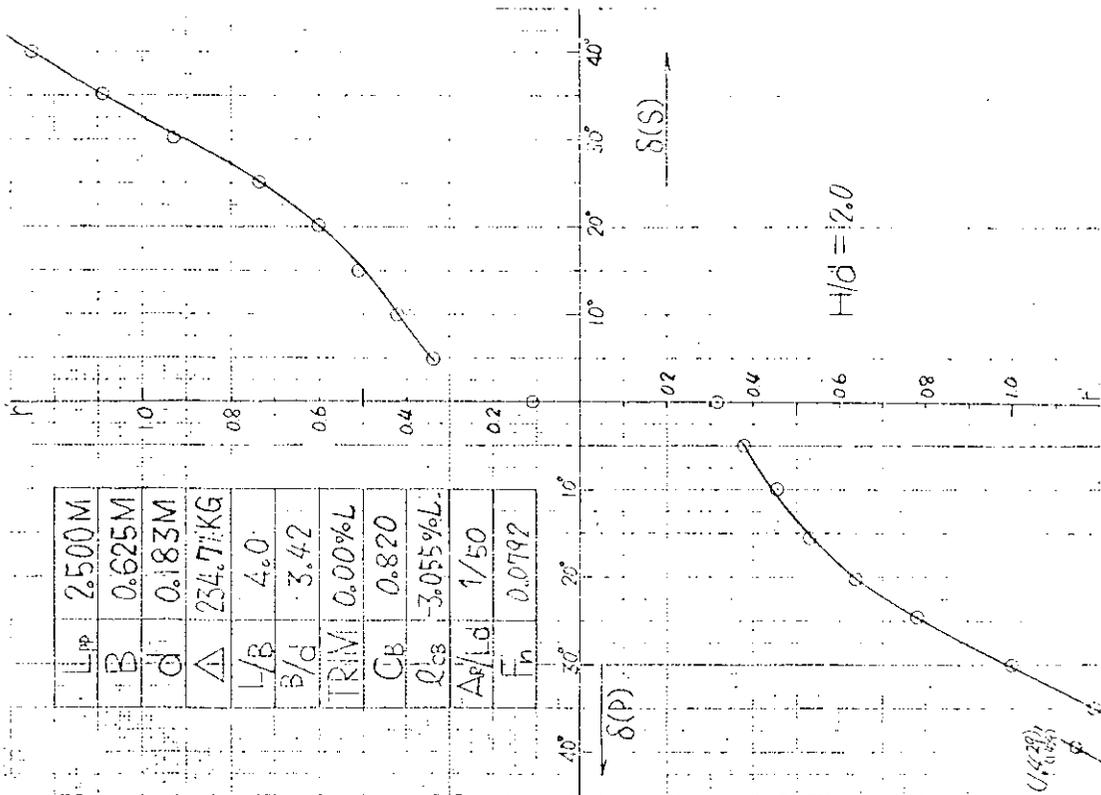
4.1.8



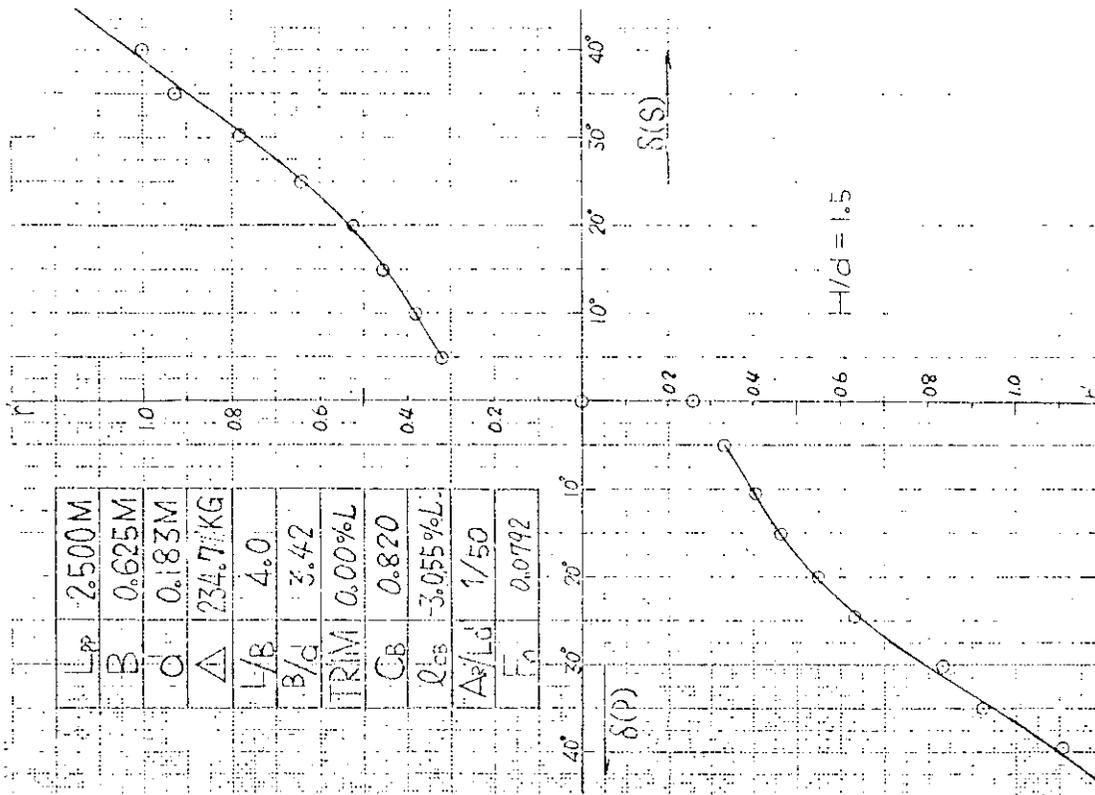
☑ 4.1.9



☑ 4.1.10



☑ 4.1.11



☑ 4.1.12

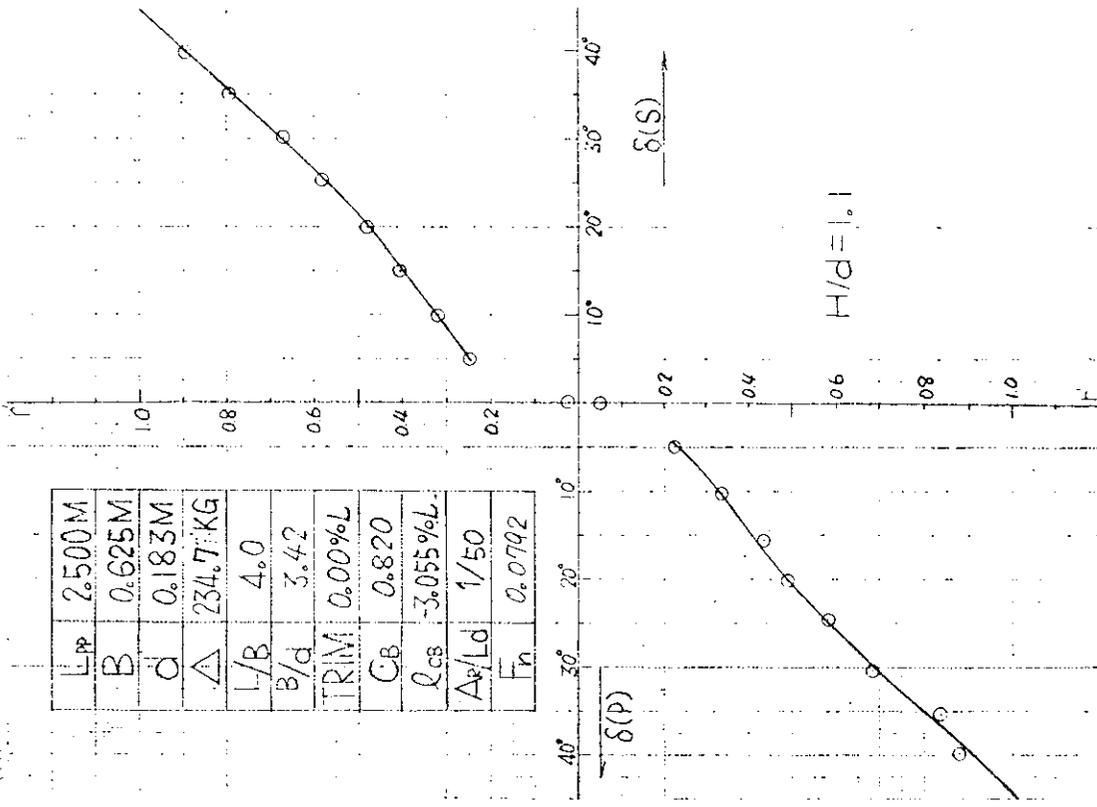


图 4.1.13

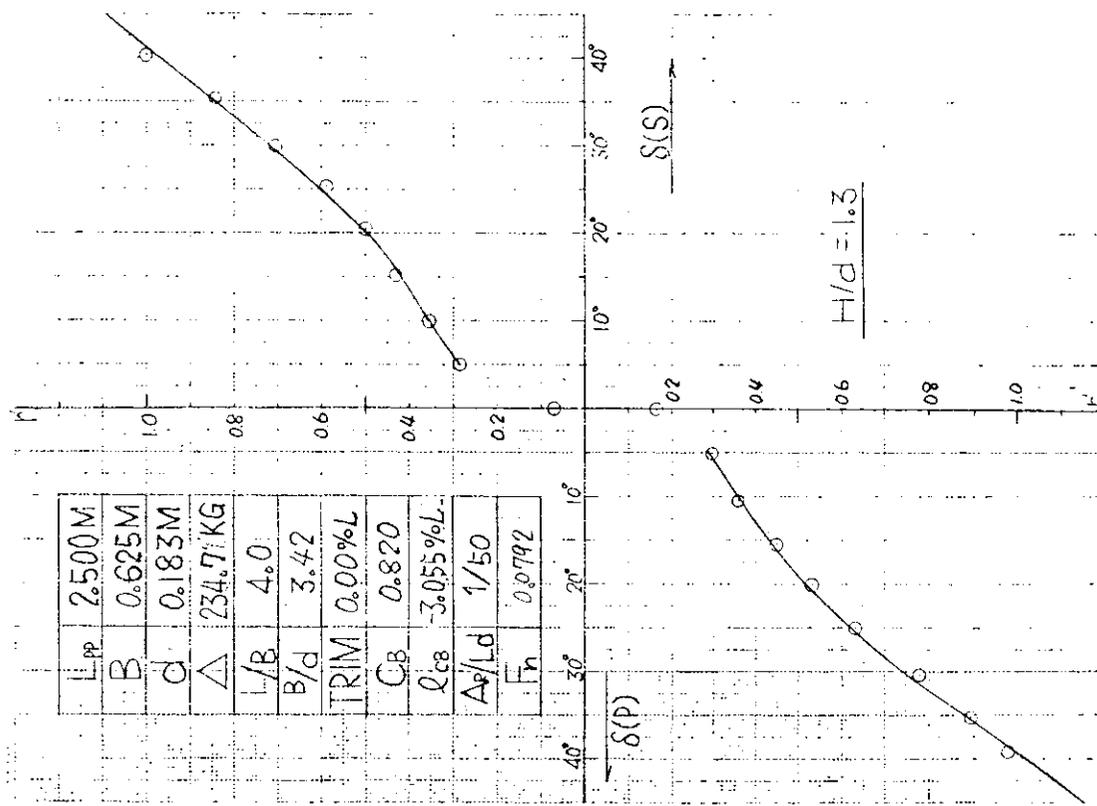


图 4.1.14

$L_{PP}$	2.500M
B	0.500M
d	0.183M
$\Delta$	187.7KG
L/B	5.0
B/d	2.73
TRIM	0.00%L
$C_B$	0.820
$\rho_{CB}$	-3.10%L
$A_R/Ld$	1/50
$F_n$	0.0763

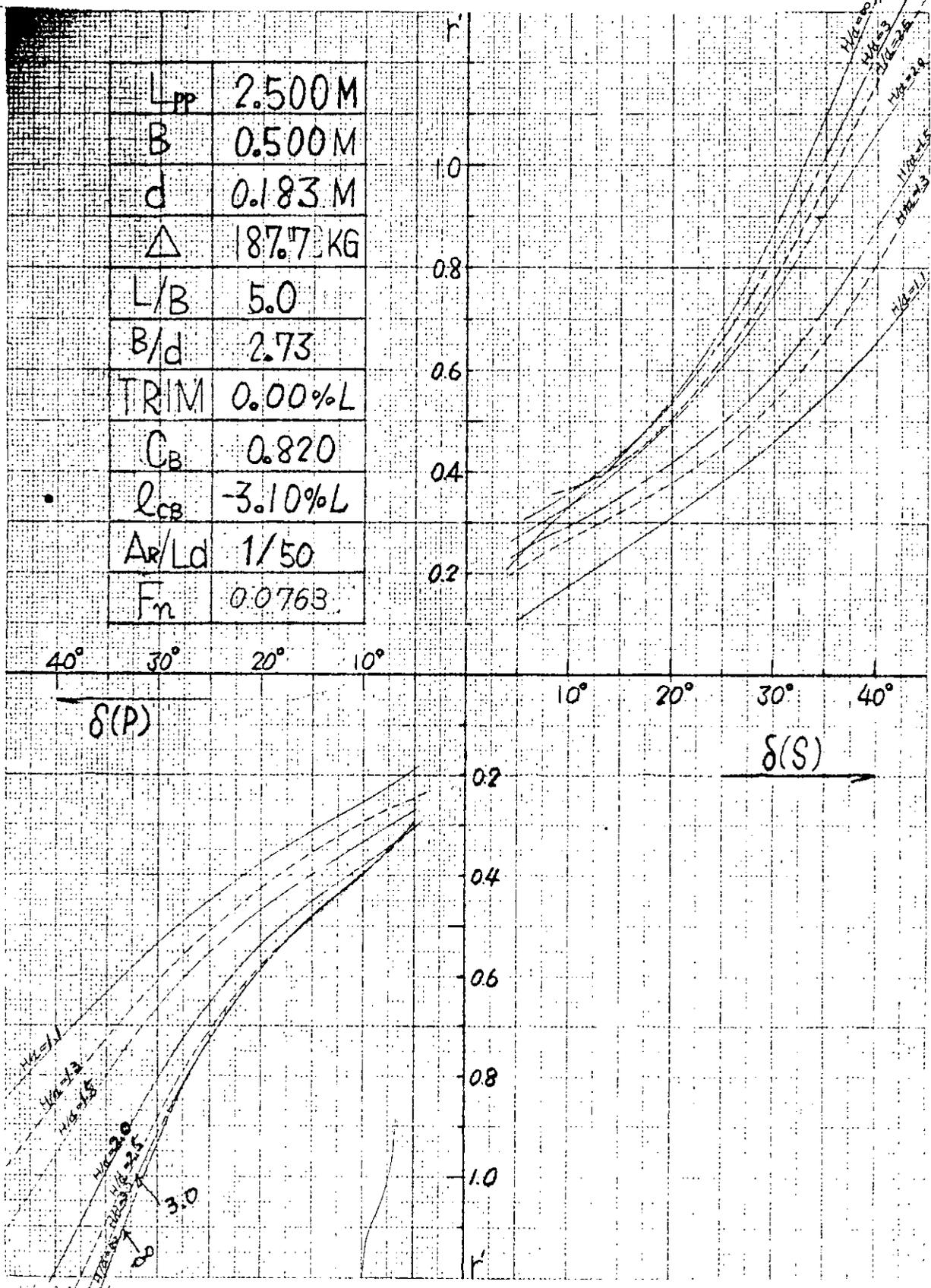


图 4.1.15

$L_{PP}$	2.500M
B	0.625M
d	0.183M
$\Delta$	234.7 KG
L/B	4.0
B/d	3.42
TRIM	0.00%L
$C_B$	0.820
$Q_{CB}$	-3.055%L
$A_P/L_d$	1/50
$F_n$	0.0792

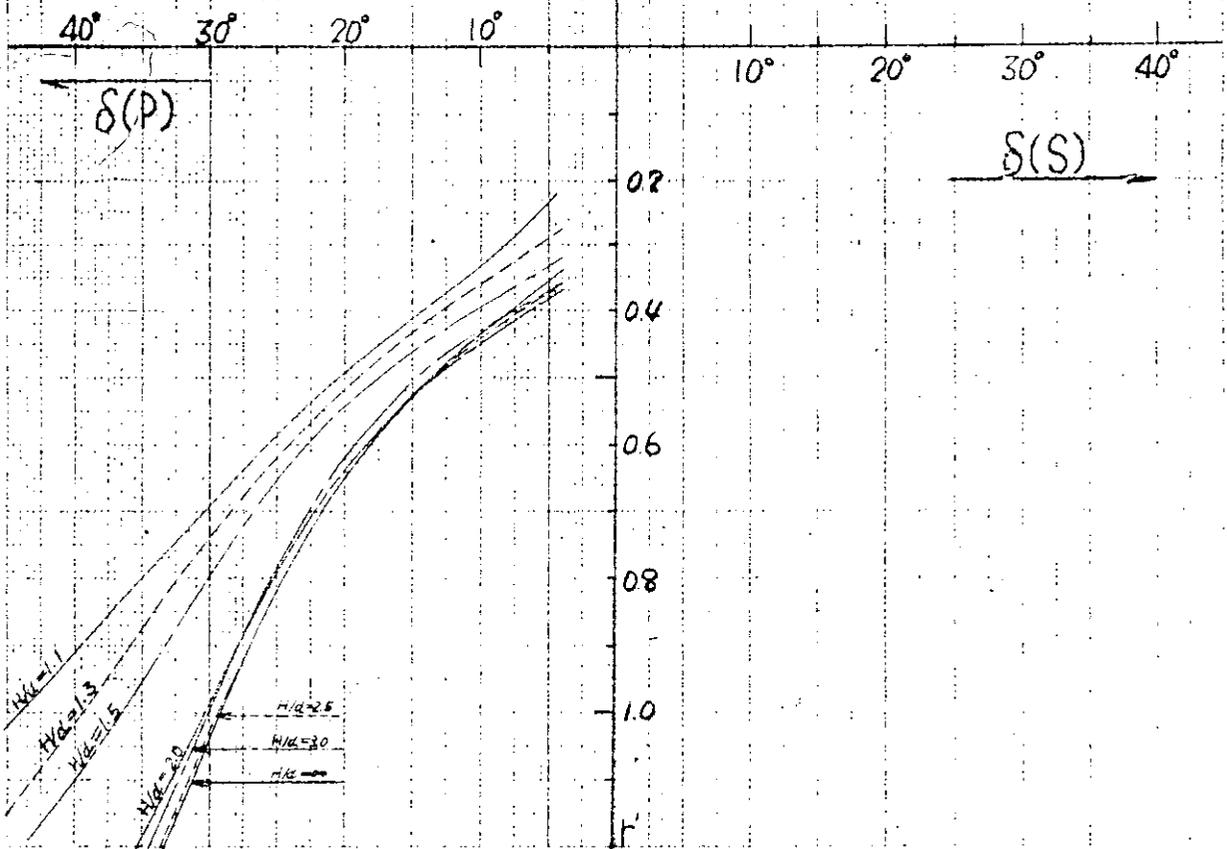
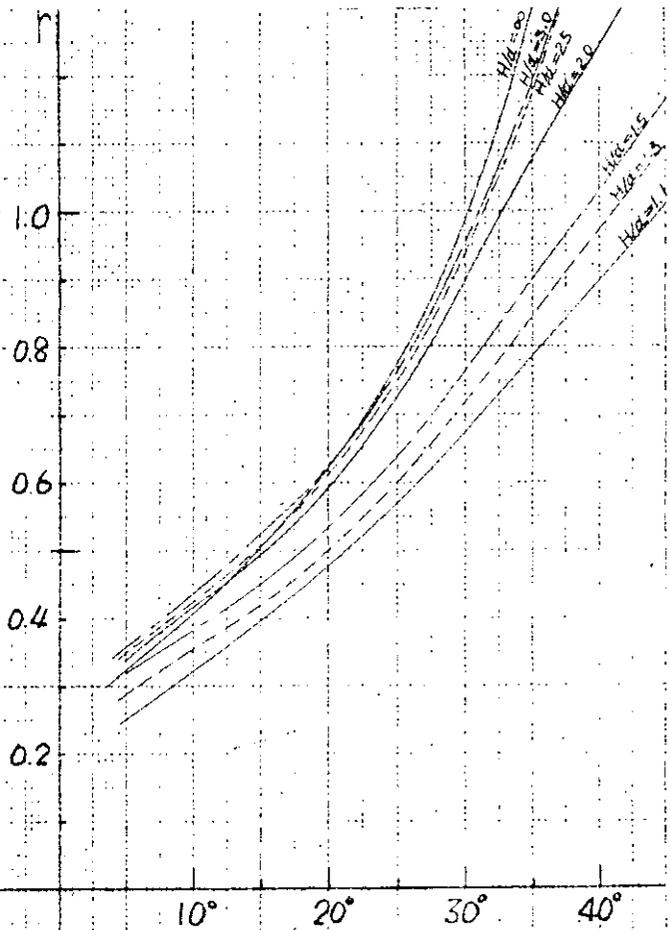
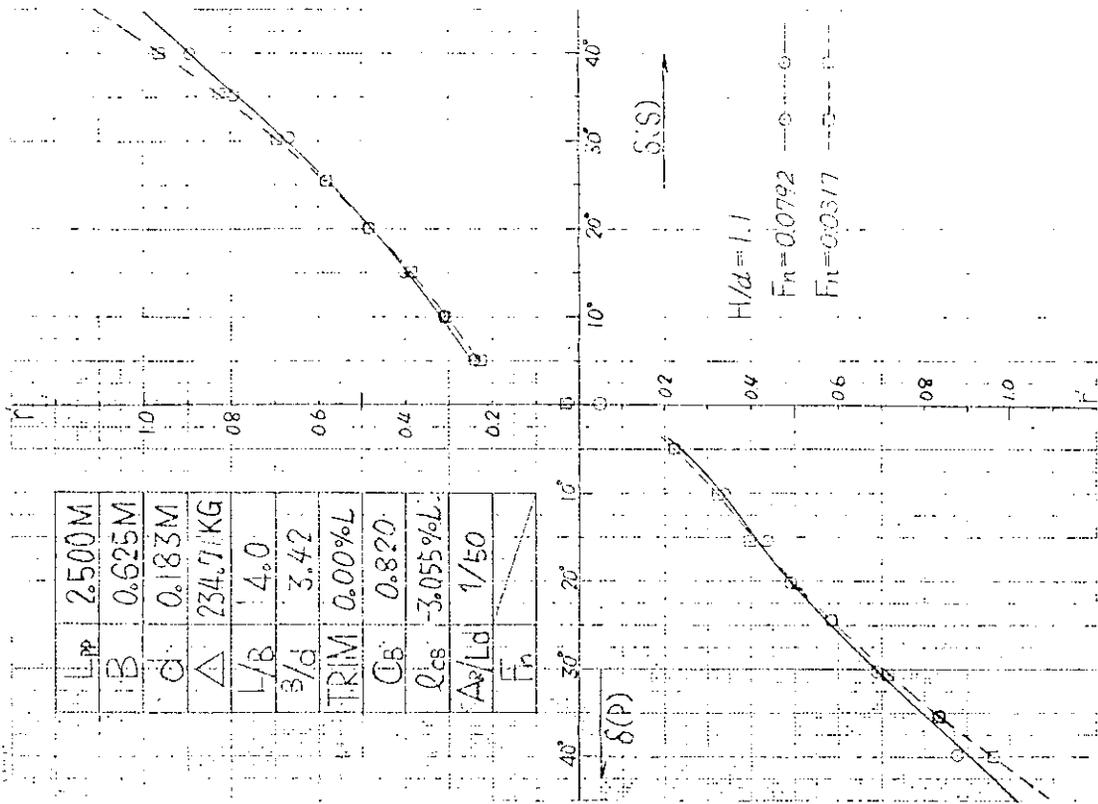
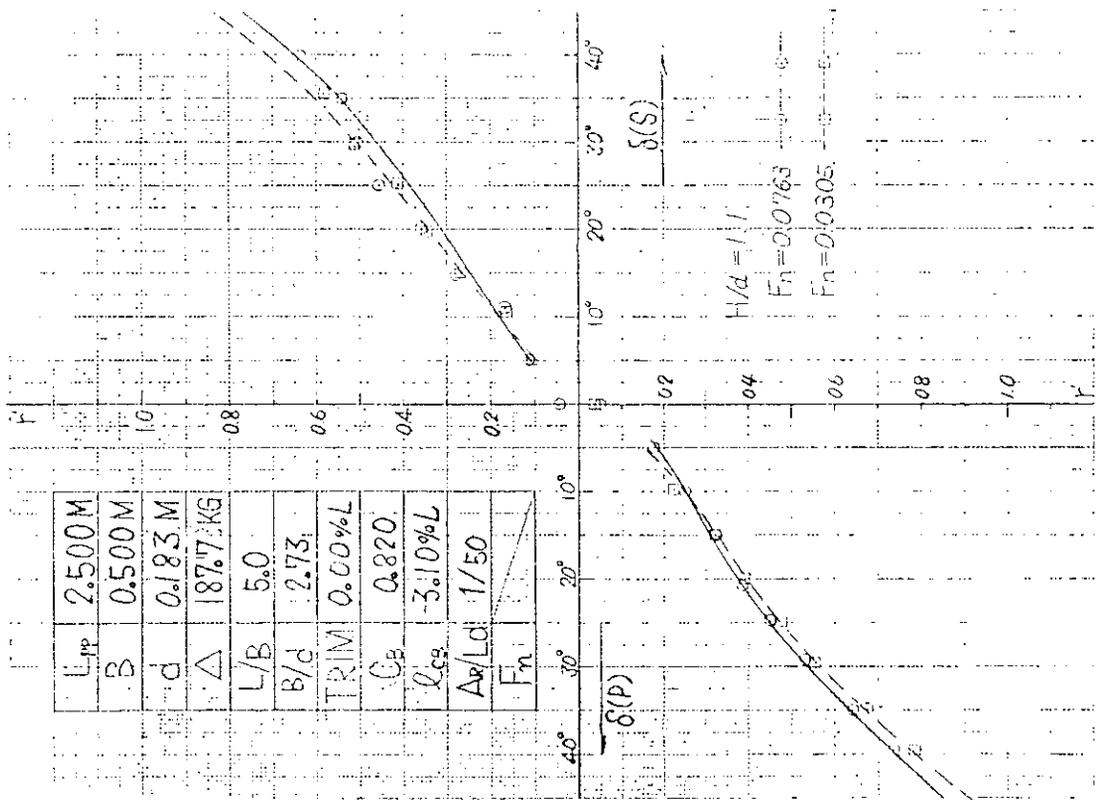


图 4.1.16



$L/P$	2.500M
$B$	0.625M
$d$	0.183M
$\Delta$	234.7 KG
$L/B$	4.0
$B/d$	3.42
TRIM	0.00%L
$C_B$	0.820
$Q_{CS}$	-3.055%L
$A_p/L_d$	1/50
$F_n$	

☒ 4.1.18



$L/P$	2.500M
$B$	0.500M
$d$	0.183M
$\Delta$	187.7 KG
$L/B$	5.0
$B/d$	2.73
TRIM	0.00%L
$C_B$	0.820
$Q_{CS}$	-3.10%L
$A_p/L_d$	1/50
$F_n$	

☒ 4.1.17

## 4.2 拘束模型浅水実験装置の製作

本装置は、拘束模型船により浅水域での流体力を計測する目的で製作したもので、昭和50年度に製作予定の強制ヨーイング装置と一体として用いられるものである。

浅水域における流体力の面から巾広肥大船の操縦性能を解明するためには、なるべく大型の模型船を用いることが望ましく、本研究ではシリーズテストに用いた4m自航模型船をそのまま採用することとした。船研の中水槽（三鷹第三船舶試験水槽）は、仮底を用いずに水面を下げることによって浅水実験が出来るように設計されており、この実験の目的に最も適していると考えられたので、この水槽曳引車に積載して実験を行うための装置を設計した。

機構部の主要仕様は次のとおりである。

ヒーピング	±50 mm	フリー
ピッチング	±10°	フリー
ローリング	±20°	フリー
ヨーイング	±30°	駆動（最大モーメント 20kg-m）
サージング	±200 mm	駆動（最大抵抗 5kg）
スウェイニング	±500 mm	駆動（最大横力 20kg）

型式：重心1軸駆動式 アナログ制御

制御部及び計測部は次年度に製作される予定である。

## 5 結果のまとめと考察

### 5.1 推進性能

相似則に関しては、計測機器の故障のため模型試験の実施が大幅に遅れ、現在実験中であり、この実験結果は、当初計画通り次年度以降の研究計画に活用されるが、報告としては、次年度報告書に譲ることとした。

制限水路における進捗性能については、浅水中模型実験用浴具の調整を行い、併せて鉄石専用船模型による予備的実験を行って、次年度に実施が予定されている浅水中の本格的模型実験に備えた。この予備実験から、船速がCritical speed,  $V = \sqrt{gh}$  ( $h$ :水深) より低い領域でも、抵抗あるいは推力の増加は深水時に比して可成りの量となるが、これは主として粘性抵抗の増加として現われること、また、船首尾における沈下量については、 $\sqrt{gh}$  以下の速度域では、深水時の沈下の傾向が支配的で、船首トリムが問題であること、自航時のプロペラの影響は主として船尾沈下量に現われ、沈下量は抵抗試験時に比して増加することが判った。

### 5.2 操縦性に対する船型の影響

#### (1) 自走模型による操縦性試験

予定通り6隻の4 m 模型船を3ヶ所で分担して試験を完了した。

当初の意図では、 $L/B = 5$  のStandard 船型としてなるべく異常現象を起こさない船型を選び、それを母型として  $L/B$ ,  $L/d$ ,  $B/d$  等を変化させれば、船型の変化がはっきり現われるだろうというのであった。

然しながらスタートの時期が遅くなったこともあって、母型を試験して、その結果を待ってシリーズ模型を作る暇がなかったので、母型を選ぶと同時にシリーズ模型を作成して試験をせざるを得なかった。

所が、母型として異常安定現象を起こさなかった船型を選び、100万トンの船型を予想してminorな手直しをした程度であったにも拘らず、3.2.4 に示すように母型は顕著な異常現象を示し、今更ながら異常現象の難かしさを知らされる結果となった。

それでも、3.2.4 に示すように角速度の大きい、いわゆる強い旋回における性能は  $L/B$  の変化に伴って規則的に変化しているのが認められ、緊急操舵性能に対する船型要素の影響の資料は得られた。又異常現象の強さも  $L/B$  によって変化していることが認められ、所期の目標とは違ったが、船型要素が異常現象を含めて操縦性に及ぼす影響をある程度明かに出来た点で意義はあったと云えよう。

次年度では成可く早い時期に、異常現象を起こさない船型を選び出し、それを母型としてシリーズ模型を作成して試験を行なう予定である。

#### (2) ローテーションアームテストによるデリバティブズの計測

X Y 電車のコンピューター制御によるローテーションアーム試験は成功し、所期の精度で実験を行なうことが判明した。本部会船型の2.5 m 模型による実験結果は目下解析中である。

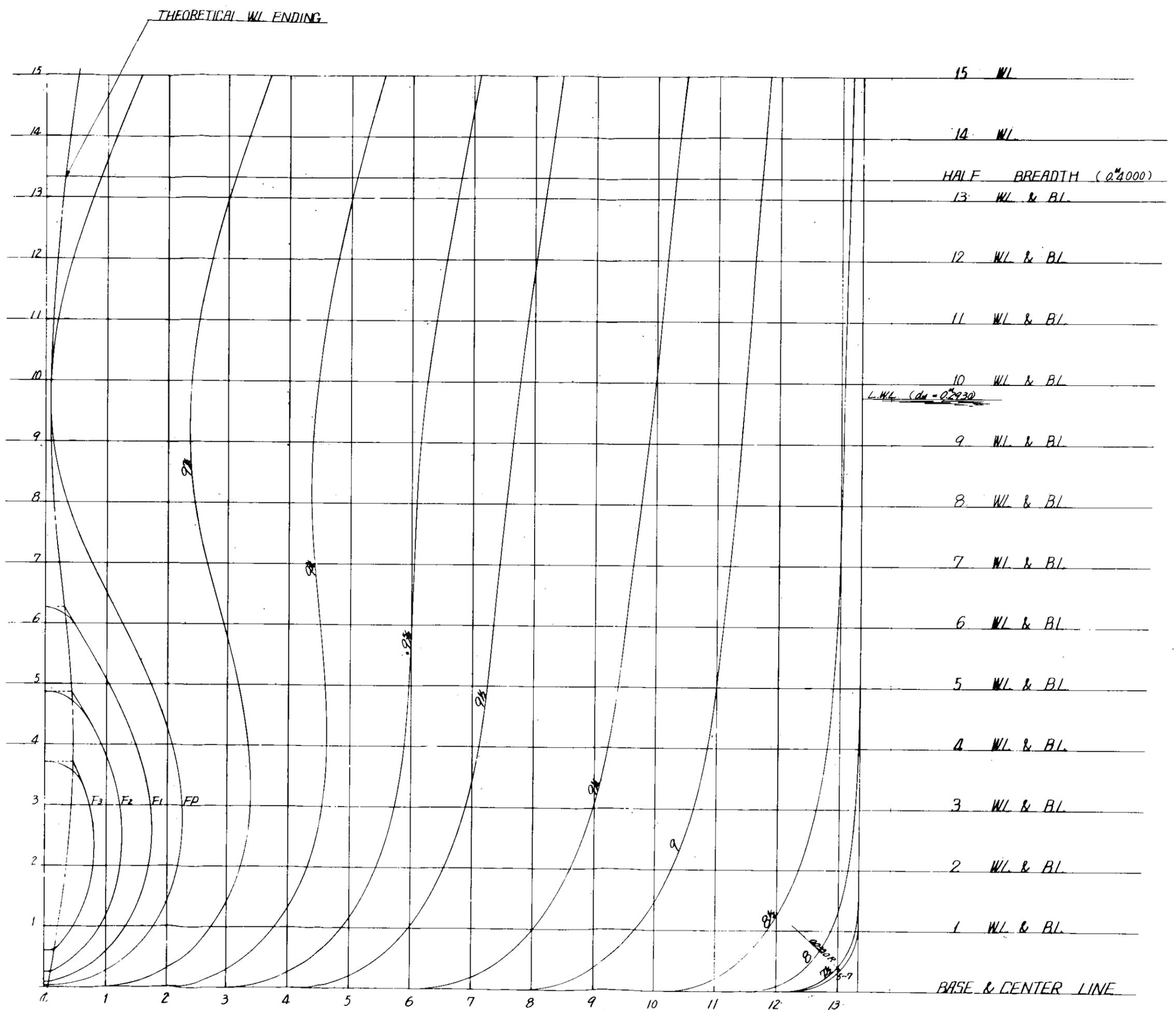
### 5.3 制限水路における運動性能

5-27型及び4-34型の2隻について25m自航模型による浅水中のスパイラル試験を行った結果、何れも大舵角では水深が浅くなる程旋回性が悪くなるが、10度以下の小舵角では中程度の水深で旋回性がよくなり、それより浅くなると旋回性が悪くなることが認められた。この傾向は前にSR98で得られた結果と同じである。

又、4-34は5-27に較べて旋回性がよい事も判明した。舵角5°以下の範囲では異常現象を生じたが、異常現象に対する浅水影響は、今回実験の対象にできなかったため不明である。

図 3.1.2 1軸船母型5-27型  
LINES (FORE)  
PRINCIPAL PARTICULARS

	MODEL	SHIP
$L_{pp}$	$^M 40.00$	$^M 464.000$
$B_M$	$^M 0.800$	$^M 92.800$
$d_M$	$^M 0.293$	$^M 34.000$
RADIUS OF BILGE CIRCLE	$^M 0.033$	$^M 3.830$
RISE OF FLOOR	0	0
$C_b$	0.820	
$l_{cb}$	-3.10 %L	
W. L. & B. L. APART	$^M 0.030$	







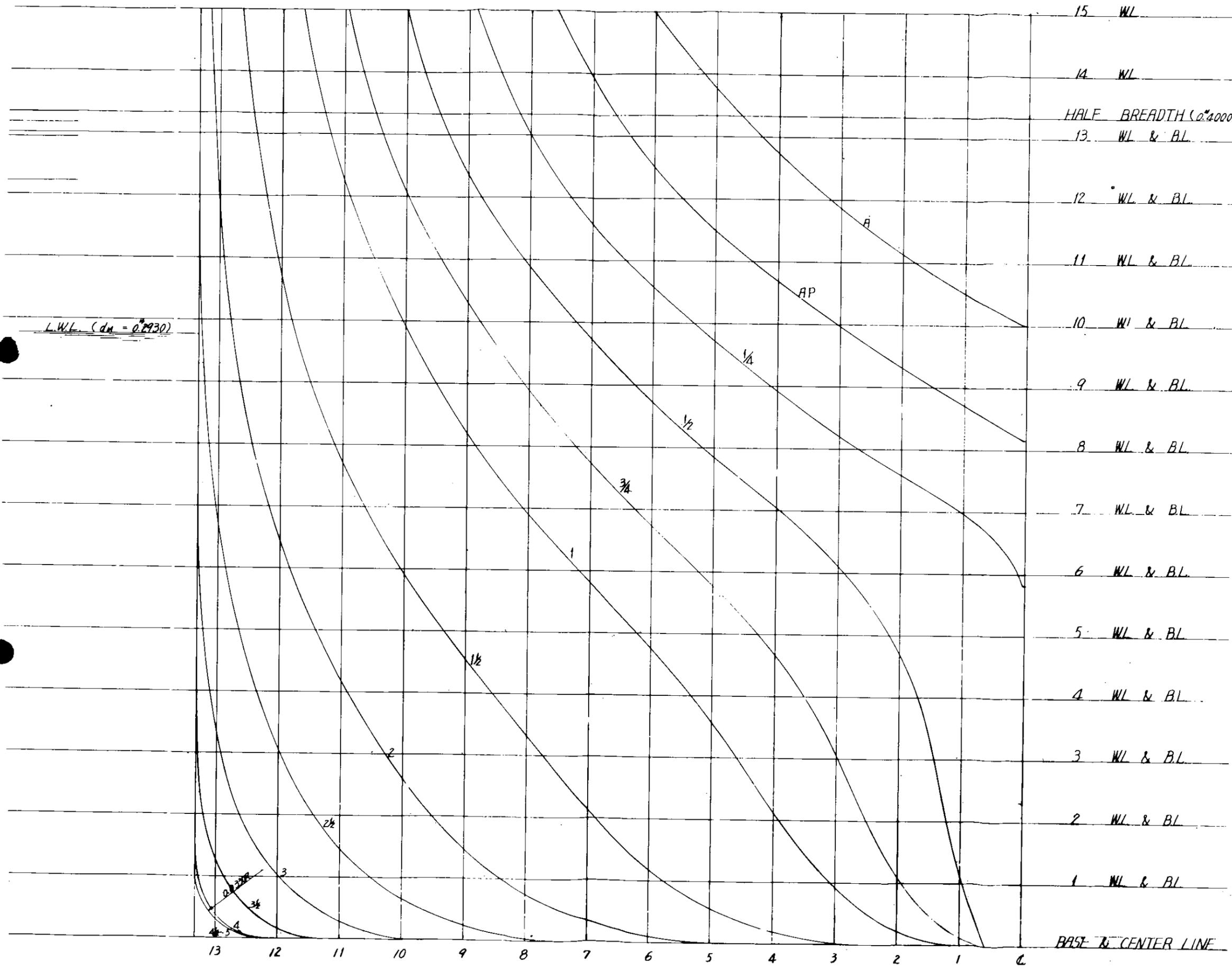


图 3.1.3 1 轴船母型 5-27 型  
LINES (AFT)  
PRINCIPAL PARTICULARS

	MODEL	SHIP
$L_{pp}$	$^M 4000$	$^M 464000$
$B_M$	$^M 0800$	$^M 92800$
$d_M$	$^M 0293$	$^M 34000$
RADIUS OF HILGE CIRCLE	$^M 0033$	$^M 3830$
RISE OF FLOOR	0	0
$C_b$		0.820
$l_{cb}$		-3.10 %L
W. L. & B. L. ARART		$^M 0030$



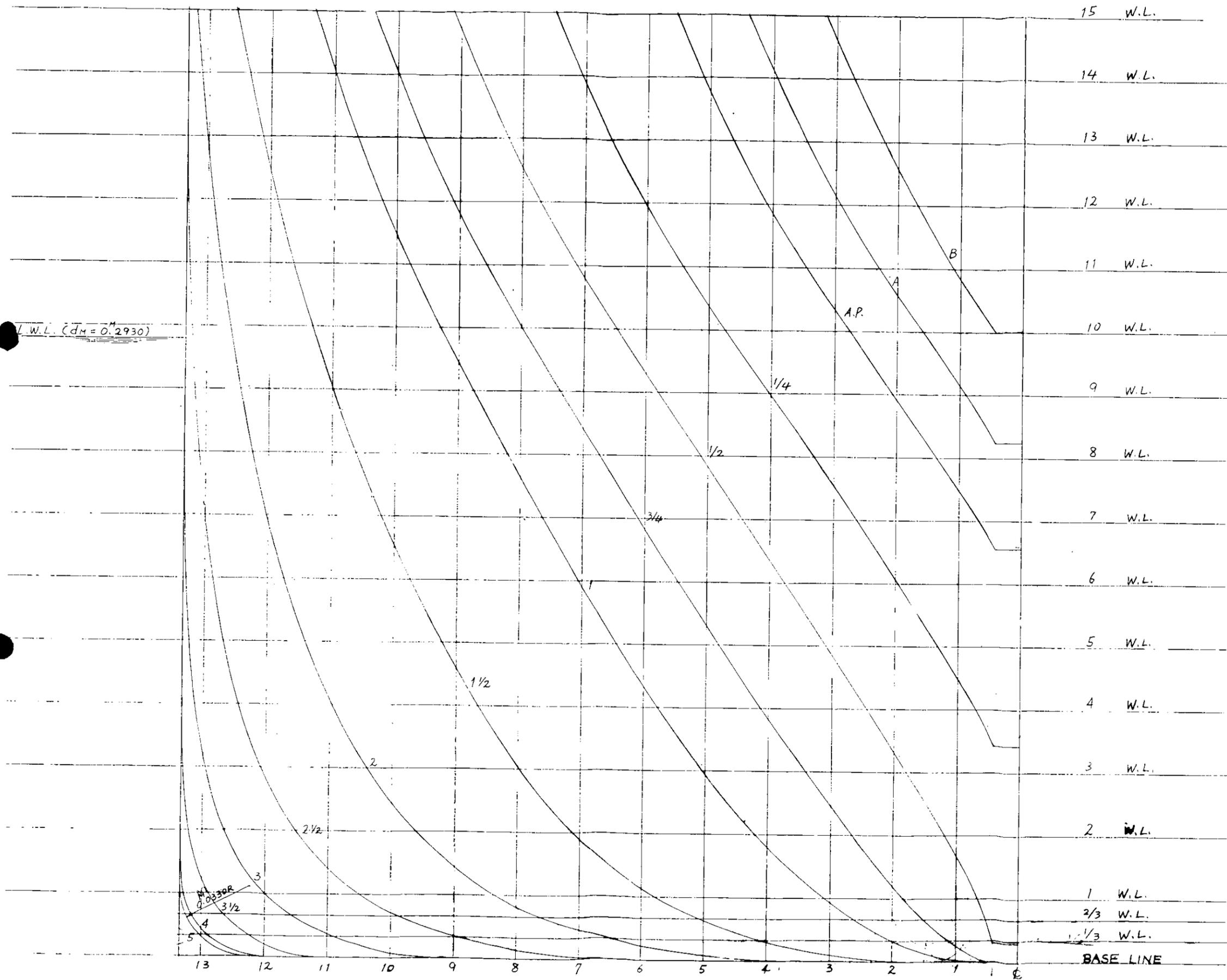


图 3.17 2 軸船母型 5-27-2 型  
AFT BODYPLAN  
PRINCIPAL PARTICULARS

	MODEL	SHIP
$L_{pp}$	$4.000^M$	$464.000^M$
$B_M$	$0.800^M$	$92.800^M$
$d_M$	$0.293^M$	$34.000^M$
RADIUS OF BILGE CIRCLE	$0.033^M$	$3.830^M$
RISE OF FLOOR	0	0
$C_b$		0.820
$l_{cb}$		-2.99 %L
W. L. & B. L. APART		$0.030^M$

L.W.L. (0.2930)

