

(昭和 42 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

Buttock Flow 船尾の研究

正員 渡 辺 四 郎* 正員 坂 尾 稔*
正員 小 丸 捧* 正員 小 西 績 男*

Experimental study on Buttock Flow stern

by Shiro Watanabe, *Member* Minoru Sakao, *Member*Sasagu Komaru, *Member* Sekio Konishi, *Member*

Summary

Aiming to reduce the viscous resistance of fat and low speed ships as tankers, new ship form encouraging buttock flow is proposed.

Resistance and self-propulsion tests of $C_b=0.88$ and 0.84 model are proceeded. Characteristics of the new ship form are remarkably less profile drag and less wake gain.

The latter defect can be improved by properly designed skeg form and bilge corner form.

1 緒 言

タンカー船型はその巨大化にともない、ますます肥大化の傾向を示してきている。このような肥大低速船型にあつては、船体抵抗の主成分は粘性抵抗であり、したがつてその船型計画にあたつては、粘性抵抗低減の見地から十分の考慮を払わなければならない。しかし船首形状については巨大バルブによつて著しい改善がなされつつあるが、粘性抵抗上問題のある船尾形状については、なお多くの研究すべき余地を残している。

この報告で取り扱うのは、かかる低速肥大型の船尾形状についてである。

元来低速肥大船型は長さ、喫水に比し、幅が大きく、また C_b が大きい。これは船価低減の見地から、船の性能上の重大な障害を招かない限り当然の傾向である。しかしながら、このような傾向は船尾の水線の形状の極端な肥大化を招き、バトック ラインの Fairness が失われることとなつた。ところが、このような船型では B/d が大きいのであるから、抵抗のみの見地からすれば、水線方向の Fairness よりも バトック ライン 方向の Fairness に重点を置いた形状、すなわちページに似た船型にすることによつて、はるかに抵抗を減少せしめ得るであろうことは予想されるところであり、このような思想で船型を設計すれば普通船型では実現不可能な高肥大度の船型も実現可能となるのではないかと予想される。しかしながらこれのみでは抵抗の減少はできても船殻効率の低下は予想されるところである。実際、実験によれば船殻効率は 1 程度であつて、実用船型として可能なためには、このような船殻効率の極端な低下を防ぐ必要があるが、著者等の取つた方法は図 8 に示すごとく普通船型の船尾部分に似た形状の スケグ を付加することによつて、主船体部分の抵抗を増加せしめることなく、推進器付近の伴流分布を改善することである。

以上のごとく、本船型は バトック ライン 方向の流れに重点を置いた船型であるので、表題のごとく、Buttock Flow 船尾と称しているが、かかる船型の主船体部分の抵抗減少に関しては、文献 (1) でも $C_b=0.80$ の船型についてのべられている。著者等は高肥大度の船型に重点を置いて、まずその可能性を調査する目的で、昭和 37 年に $C_b=0.88$, $L/B=7$, $B/d=2.2$ の船型の抵抗試験を、九州大学 上野教授のご好意により九州大学水槽にて実施したが、その結果、顕著な抵抗低下が認められたので、当面の目標を $C_b=0.84$ $L/B=6$ とし、以下のべる研究を九州大学、および大阪大学水槽にて実施した。

2 1.8 m 模型による抵抗試験

Buttock Flow 船型の可能性を調べるために、まず主船体部分について、 $C_b=0.88$ および $C_b=0.84$ の 1.8m

原稿受付 昭和 42 年 6 月 10 日

* 川崎重工工業株式会社 技術開発本部 技術研究所

模型の抵抗試験を九州大学水槽にて実施した。

使用した模型の主要目は表1の通りである。

04465 A および B は超肥大船に対する本船型の可能性を調査したものである。使用した模型の船尾の Body plan₁を図1に示す。船首形状は示していないが、普通の形状（球状船首でない）である。図2および表2にそれ

Table 1 List of 1.8m Model

Model No.	L (M)	L/B	B/d	C _b	l.c.b	Remark
04465 A	1.8	7.0	2.2	0.88	-1.889	Ordinary Stern
04465 B	1.8	7.0	2.2	0.88	-1.689	Buttock Flow Stern
04469 A	1.8	6.5	2.2	0.84	-0.966	Flat Bottom Buttock Flow Stern
04469 B	1.8	6.5	2.2	0.84	-1.008	V-Bottom Buttock Flow Stern
04469 D	1.8	6.5	2.2	0.84	+0.628	Flat Bottom Buttock Flow Stern Change of l.c.b.

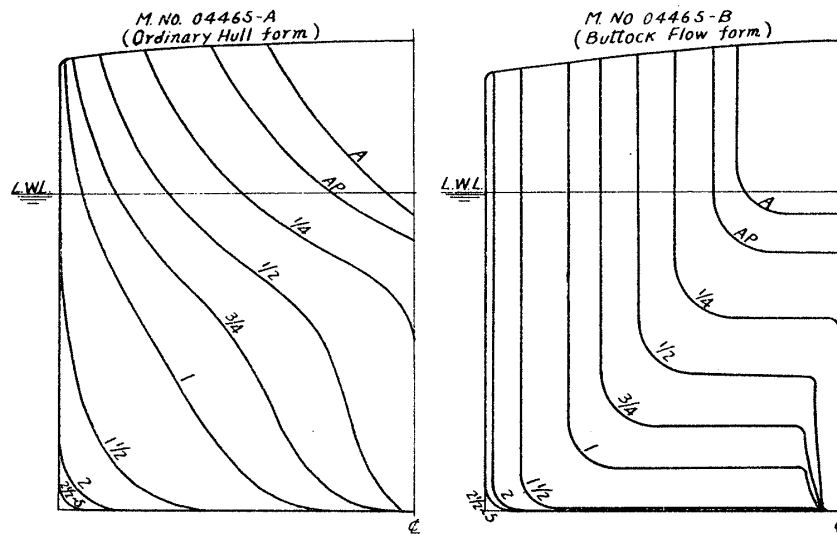


Fig. 1 Body Plan

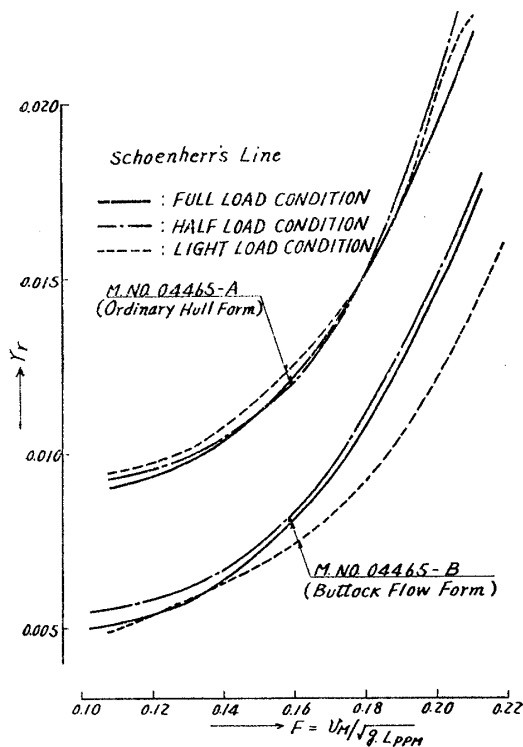


Fig. 2 Comparison of r_r for Model 04465 A & B

Table 2 M. No. 04465-A & B Test Condition

	LPP (M)		1.8000		
	B (M)		0.2582		
M. NO. 04465-A	Condition	Full	Half	Light	
	$d_f(M)$	0.1174	0.081	0.042	
	$d_a(M)$	0.1174	0.099	0.078	
	$d_m(M)$	0.1174	0.090	0.060	
	$\Delta (kg)$	48.00	36.30	23.77	
	$S (M^2)$	0.7980	0.7051	0.5921	
	C_b	0.8798	0.8678	0.8574	
	C_m	0.9984	0.9961	0.9956	
	C_p	0.8812	0.8711	0.8612	
	C_w	0.9284	0.9013	0.8806	
	l.c.b. (%)	-1.889	-2.322	-2.717	
M. NO. 04465-B	$d_f(M)$	0.1174	0.081	0.042	
	$d_a(M)$	0.1174	0.099	0.078	
	$d_m(M)$	0.1174	0.090	0.060	
	$\Delta (kg)$	48.00	36.20	23.57	
	$S (M^2)$	0.8882	0.7120	0.5970	
	C_b	0.8774	0.8666	0.8451	
	C_m	0.9990	0.9987	0.9948	
	C_p	0.8789	0.8703	0.8436	
	C_w	0.9144	0.9068	0.8856	
	l.c.b. (%)	-1.689	-2.046	-2.524	

ぞれ試験結果、および試験状態を示す。Buttock Flow 型の 04465 B 模型では軸線上に平板 スケグがつけてある。これ等の船型は特に注意深く設計されたものではないので、定量的な判断は差し控えるとしても、この結果より少なくとも次のことはいえる。

1. $C_b=0.88$ 程度の肥大船型では普通型船尾とすると、抵抗は著増するが、Buttock Flow 船尾とすることよつて顕著に減少せしめ得る。
2. 普通型と Buttock Flow 型とでは剰余抵抗曲線の形は相似であり、ほぼ平行移動したような形になっているが、これは造波抵抗成分は両船で変らないことを示している。

本試験結果にかんがみ、当面の船型目標を $C_b=0.84$ とし、Buttock Flow 船型の基本的構成要素のうち、船底の形状、および浮心位置について試験したのが、04469 A, B, および D である。実際面から見ると、船型は抵抗が少ないだけでなく、後述の推進性能の他、操縦性能、機関室配置等の配置上の問題、強度、工作上の問題等を総合して考えなければならないが、ここでは機関室等の配置上の観点から、船底は図 3 の 04469 B のとき

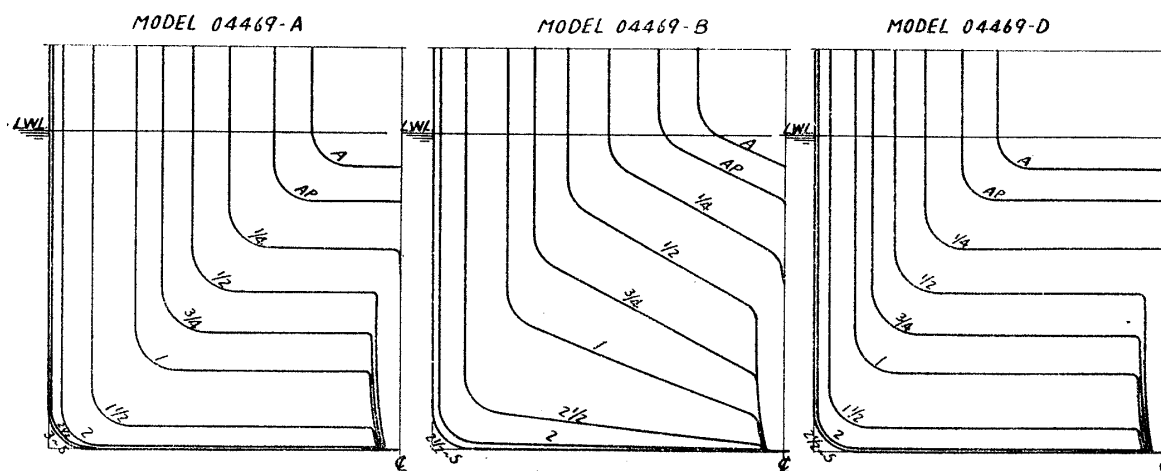


Fig.3 Body Plan (Aft. Body)

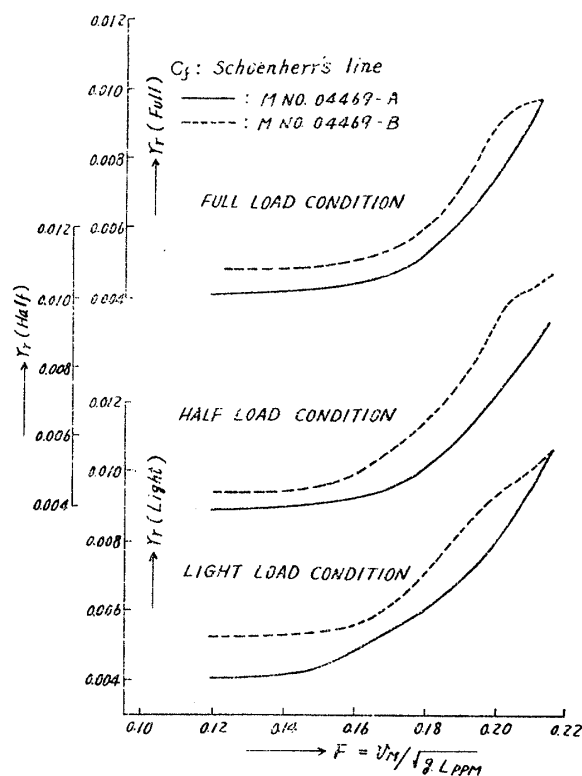


Fig.4 Comparison of r_T for Model 04469-A & B

Table 3 M. No. 04469-A, B & D Test Conditionⁿ

LPP (M)		1.8000		
B (M)		0.277		
L/B		6.5		
B/d		2.2		
M. NO. 04469-A	Condition	Full	Half	Light
	df (M)	0.1260	0.0860	0.0470
	da (M)	0.1260	0.1040	0.0830
	dm (M)	0.1260	0.0950	0.0650
	Δ (Kg)	52.80	39.60	24.60
	S (M ²)	0.8500	0.7365	0.6240
	C_b	0.8408	—	—
M. NO. 04469-B	lcb (%)	-0.966	—	—
	df (M)	0.1260	0.0873	0.0476
	da (M)	0.1260	0.1053	0.0836
	dm (M)	0.1260	0.0963	0.0656
	Δ (Kg)	52.82	39.64	24.43
	S (M ²)	0.8375	0.7255	0.6110
	C_b	0.8416	—	—
M. NO. 04469-D	lcb (%)	-1.008	—	—
	df (M)	0.1260	0.0860	0.0470
	da (M)	0.1260	0.1040	0.0830
	dm (M)	0.1260	0.0950	0.0650
	Δ (Kg)	52.92	38.93	25.92
	S (M ²)	0.8570	0.7380	0.6180
	C_b	0.8430	—	—
M. NO. 04469-D	lcb (%)	+0.628	—	—

V型の方が有利であると思われるので、04469 A および B、にて平底と V 底との比較を行なった。

また Buttock Flow 船尾の場合は、普通型船尾と異なり、大きい排水量を船尾に持たせても、抵抗上の損失は少ないのであるから、普通の低速船の船型思想とは反対に浮心位置を船尾に持つて行き、船首を Fine にすれば、ある程度的高速域まで抵抗の少ない船型を作ることができるはずである。この点を調べるために 04469 D では 04469 A に比し、水線の幅を十分広く取った。

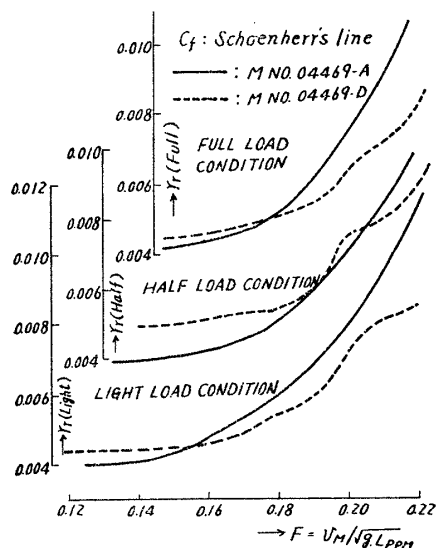


Fig. 5 Comparison of r_r for Model 04469-A & D

図 4 は 04469 A および B 模型による抵抗試験の比較である。表 3 に試験状態を示す。図 4 によれば平底型の方が可なり抵抗が小さい。

また図 5 は 04469 A および D 模型による抵抗試験比較であるが、本図からわかるごとく浮心位置を後方にずらした 04469 D では予想通り、低速域の抵抗がやや増加するが、抵抗曲線の傾斜が全般的に平坦化されている。

また $C_b=0.88$ の 04465 B の抵抗値と、 $C_b=0.84$ の抵抗値とを比較すると、低速域では $C_b=0.88$ の方がやや大きい程度で、余り大きい相違はない。このことは巨大肥大船のごとき低速船においては可なり極端に肥大化させても、抵抗上の面から見れば、十分実用し得ることを示している。

3 4 m 模型による抵抗自航試験

以上の試験の成果により、 $C_b=0.84$ 、 $L/B=6$ 、 $B/d=3.06$ の船型の 4 m 模型による抵抗、自航試験を大阪大学水槽にて実施した。使用した模型は表 4 の通りである。

Table 4 List of 4 m Model

Model No.	L (m)	L/B	B/d	C_b	$\ell.c.b.$	Remark
04469 D (4)	4.0	6.5	2.2	0.84	+0.628	Plate Skeg
04143 A	4.0	6.0	3.06	0.84	-1.56	V Skeg; Bulbous Bow
04143 AR	4.0	6.0	3.06	0.84	-1.64	V Skeg; Large Bilge R; Bulbous Bow

1.8 m 模型の試験結果により、本船型の抵抗上の長所は十分期待できたが、このような船型であれば、当然船殻効率の低下が予想された。したがって実用船型とするためには船殻効率の低下はやむを得ないものとし、抵抗の減少と推進器効率の上昇に主眼点を置くか、または抵抗の少ない長所をやや犠牲にしても、船殻効率の上昇をはかるかする必要がある。ここではこれ等のうち、スケグ形状およびビルジョーナー部の半径の変化によって、どの程度船殻効率を改善し得るかについてのべる。

3.1 04469 D (4) の自航性能

以上の検討に先立つて 04469 D (4) (04469 D の 4 m 模型) によって抵抗、自航試験を実施した。試験は、以下の各模型共、摩擦式は Schoenherr 式により、対応実船は 245 m とした。また乱流促進は $9\frac{1}{2}$ ステーションに一行のピンを 10 mm 間隔に植え、自航試験の解析は推力一致法によった。

04469 D (4) の要目および試験状態を表 5、使用推進器を表 6 に、また抵抗、および自航試験解析結果を図 6 および図 7 に示す。

図 7 より明らかなごとく、本船型では推進器効率がよい反面伴流の利用がほとんどなされていないことがわかる。

3.2 スケグ形状による自航要素の改善

上記のごとく Buttock Flow 船型は伴流利用という点では不具合な

Table 5 M. No. 04469-D (4) Test Condition

Condition	Full	Ballast
$L_{PP}(M)$	4.0000	
$B(M)$	0.6156	
$\frac{1}{2}B$	0.4977	
B/d	2.1986	
$d_f(M)$	0.2800	0.1640
$d_a(M)$	0.2800	0.1480
$d_m(M)$	0.2800	0.1440
Trim (%)	0	2.0
$\Delta (kg)$	581.2	283.7
$S (M^2)$	4.2357	3.0500
C_b	0.8455	—
C_m	0.9971	—
$\ell.c.b.(\%)$	+0.6275	—

船型であるが、普通船型において推進器部分に流入する伴流は船尾底から流入する成分が可なりの割合を占めるものと思われるので、ステグ形状を丁度普通の肥大船のごとき形状とすれば、抵抗値を余り増加させることなく、船殻効率を上昇せしめ得るものと考えられる。そこで図8に示す形状の船尾を持つ模型 04143A により抵抗、自航試験を実施した。図9は本模型の C_p カーブである。本模型は $C_b=0.84$ $L/B=6$ $B/d=3.06$ となっており、04469 模型に比しさらに肥大型とした。

これは Buttock Flow 船尾の特徴の一つは、その線図からわかるごとく、幅の大きいことは抵抗上の障碍とはならず、かえってその特色を発揮せしめるものと考えられるからである。また船首形状については大型球状船首とすれば、抵抗が減少することがわかつて

Table 6 Propeller Dimensions

M. NO.	04469-D(4)	04143-A	04143-AR
TYPE	UNKEN A-4	UNKEN AU-5	UNKEN AU-5
DIAMETER	0.140	0.14325	0.14325
EXPANDED AREA RATIO	0.400	0.670	0.670
BLADE THICKNESS RATIO	0.045	0.050	0.050
BOSS RATIO	0.250	0.180	0.180
PITCH RATIO	0.700	0.571	0.571
PITCH DISTRIBUTION	Constant	Constant	Constant
BLADE SECTION	Aero-foil	Aero-foil	Aero-foil
NUMBER OF BLADES	4	5	5

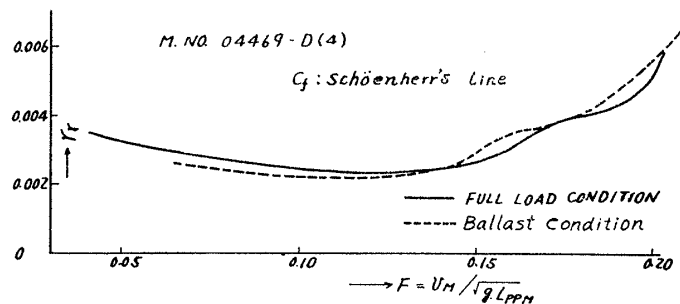


Fig. 6 Residual Resistance coefficient

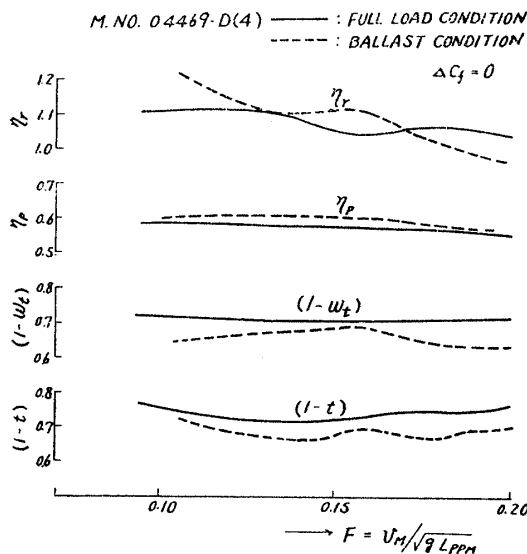


Fig. 7 Self-propulsion Test Results

いるので、12% バルブの球状船首とし、したがって浮心位置も、やや船首側になった。なお船型の詳細については先行の試験成果を取入れて決定した。

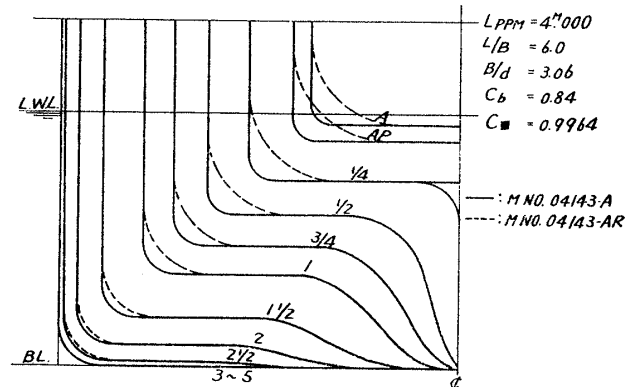


Fig. 8 Body Plan (Aft. Body)

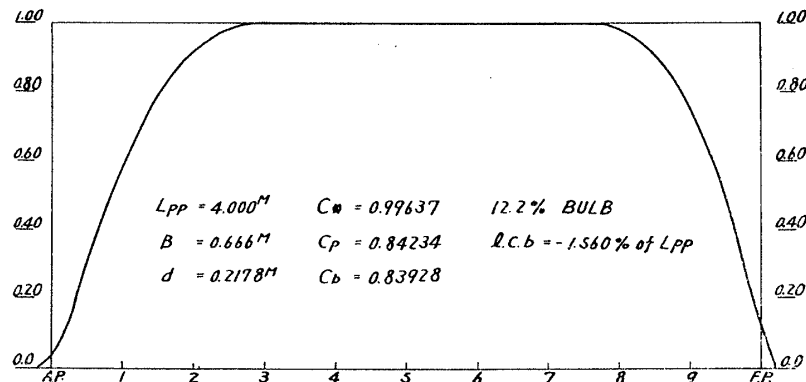
Fig. 9 C_p -curve (M. No. 04143-A)

Table 7 M.No.04143 A & AR
Test Condition

$LPP(M)$		4.000	
$B(M)$		0.6666	
L/B		6.0	
B/d		3.06	
M.NO. 04/43-A	Condition	Full	Ballast
	$d_f(M)$	0.2178	0.072
	$d_a(M)$	0.2178	0.152
	$d_m(M)$	0.2178	0.112
	$\Delta(kg)$	487.4	237.1
	$S(M^2)$	3.9156	2.9864
	C_b	0.8393	0.7940
	C_m	0.9964	0.9930
	$\rho_{cb}(\%)$	-1.56	+2.071
M.NO. 04/43-AR	$d_f(M)$	0.2178	/
	$d_a(M)$	0.2178	
	$d_m(M)$	0.2178	
	$\Delta(kg)$	486.5	
	$S(M^2)$	3.8755	
	C_b	0.8378	
	C_m	0.9964	
	$\rho_{cb}(\%)$	-1.6426	

模型要目および試験状態を表 7 に、また試験結果を図 10、および図 11 に示す。

図 10 に示すように本船型の抵抗値は十分低い。これより摩擦抵抗に対する形状影響係数を求め、普通船型と比較すると図 12 のようになり、抵抗上の卓越せる長所を示している。図 12 は文献 (2) で整理されてあるものをそのまま使わせていただいた。

また図 11 の自航要素を図 7 の 04469 D (4) の自航要素と比較すると、スケグ形状による自航要素の改善が明らかに見られる。

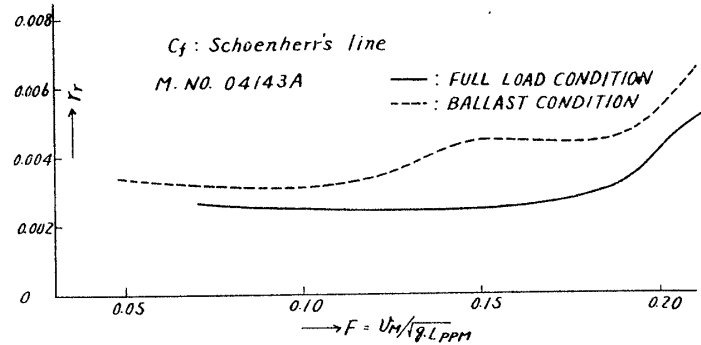


Fig. 10 Residual Resistance coefficient

04143 A 型のスケグを V 型と呼ぶこととし、他に U 型、球型スケグについても試験したが、実験の範囲内では目立つた改善は見られなかった。しかし、本研究の成果からすれば、スケグ形状、大きさについては、今後さらに検討を要するものと考えている。

3.3 ビルジコーナー部の曲率の影響

Buttock Flow 船型の構成の基本的思想は、前述の通り船尾底の流れをできるだけ滑らかにすることをねらいとしているが、船側外板に添う水線方向の流れとのバランスが悪いとビルジコーナー部分を横切る流れを生じ、抵抗が増大すると考えられるので、船側の水線方向の傾斜と船底の Buttock Line 方向の傾斜とはほぼ等しいように設計されている。そこでこのような考え方からすれば、ビルジコーナーの R は余り大き過ぎない方が、抵抗上はよいように考えられるが、一方自航状態では当然この部分を横切る流れを生じるから、小さい R は推

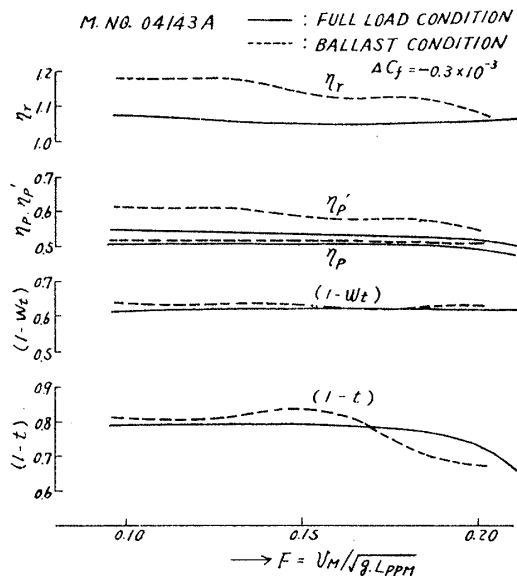


Fig. 11 Self-propulsion Test Results

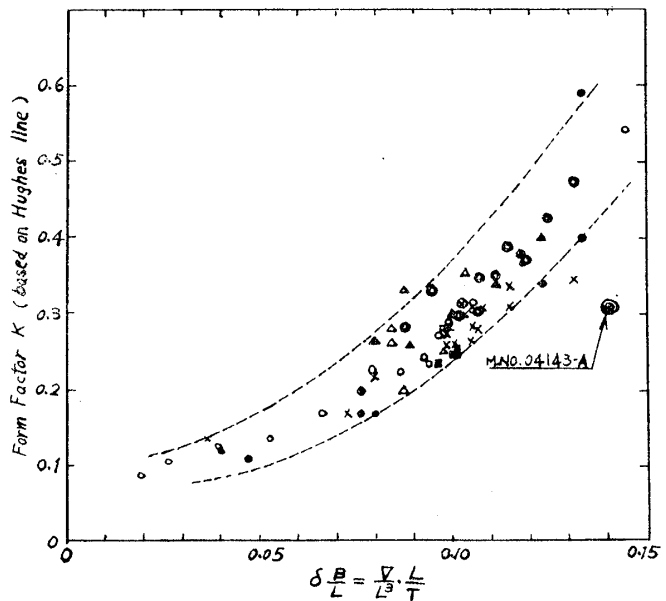


Fig. 12 Comparison of Form Factor "K"

力減少の原因となると考えられる。

そこで図8の点線で示すごとく 04143 A のビルジコーナーの R を大にした 04143 AR 模型により満載状態について試験を実施した。04143 A と 04143 AR とでは R が異なるだけ排水量が異なるが、その量は小さいのでそのまま比較した。

表7に試験状態、図13および14に試験結果を示す。本図に示されるように、04143 AR の抵抗は 04143 A とほとんど変わらないが、一方自航試験の結果では推力減少係数の

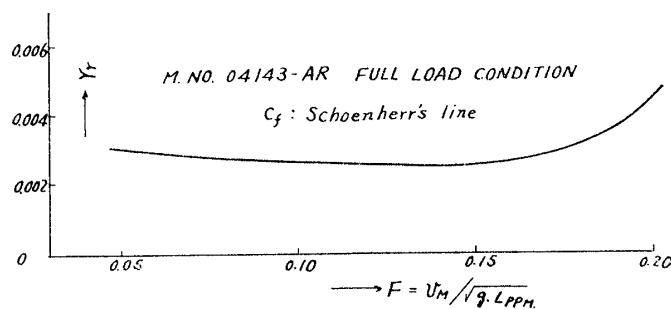


Fig. 13 Residual Resistance coefficient

改善が目立っている。

4 結 言

超肥大船型としての新船型、Buttock Flow 船型について抵抗、自航試験を行なったが、その結果から次のことがいえる。

1. Buttock Flow 船尾は普通船型に比し形状抵抗が極めて少ない。
2. Buttock Flow 船尾は形状抵抗が少ない反面、Wake gain ははなはだ少ないが、本文に述べたごとく、スケグ形状、ビルジコーナー曲率を適当に設計することにより可なり改善することができる。
3. 実用船型としての立場から考えると、船型が従来のものと全く異なるので、抵抗推進面の他に、なお検討を要する点があり、特に操縦性能については、追従性が悪く、その向上方法について研究する必要があるが、総合的に見て、Buttock Flow 船型は低速超肥大船型とし

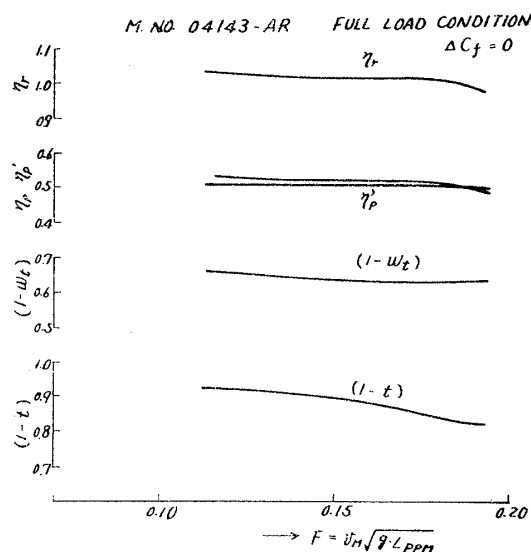


Fig. 14 Self-propulsion Test Results

て極めて有望な船型と考える。

5 謝 辞

本研究実施に当つては九州大学、大阪大学、広島大学の水槽、または回流水槽を利用させて戴いた。すなわち 1.8 m 模型については上野教授のご好意により九大水槽で曳航試験を、また広島大学の波多野教授のご好意により回流水槽による流線観測をそれぞれ実施して戴いた。

また大阪大学の笹島教授、中村、野本助教授には終始激励とご教示を戴くとともに、水槽設備を心よく利用させていただいたが、これらの方々に心からの感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

1. 別所正利、水野俊明：肥大船型の研究、関西造船協会、117 号、昭和 40 年 6 月、121 号、昭和 41 年 6 月
2. 中村彰一：系統的模型試験による漁船の船型に関する研究（第 2 報）造船協会論文集 108 号