

高速幅広浅喫水船の船首バルブ形状が推進性能に およぼす影響

大橋 誠三・大野 勝利

Effect of the Bulbous Bow Form upon Propulsive Performance of Shallow Drafted High Speed Vessels

by

Seizo OHASHI and Katsutoshi ONO

1. ま え が き

本調査は、 $L/B=5.0$ 、 $B/d=3.0$ 、 $C_B=0.55$ の値をもつ幅広浅喫水型高速内航船の1軸船型において、通常の low bulb を有する船型と、ヨーロッパの船舶に比較的好く見られる high bulb を採用した場合の推進性能の比較試験を実施したもので、ここにその概略を報告する。

なお、本調査の一部は、(社)日本中型造船工業会「内航船の推進性能委員会」の依頼で、昭和53年度に実施されたもので¹⁾、当工業会の御好意により併せて、ここに報告する。

2. 模型船および模型プロペラ

本調査に用いられた模型船は船首バルブの形状を通常の low bulb とした船型の模型船 M.S. No. 3601A を原型とし、その主船体の横截面積曲線²⁾、バルブの大きさ約 5.7% A_M および突出量 (1.25% L_{PP}) を原型のものと同じとし、バルブの形状をヨーロッパの船舶に比較的好く見られる high bulb 形状とした模型船 M.S. No. R-012 と、さらに、M.S. No. R-102 の F.P. におけるバルブの大きさ、形状を同一とし、突出量のみを大きく (3% L_{PP}) とした M.S. No. 3601B の3船型で構成される。模型船はすべて垂線間長さ 4.5m のパラフィン製で、副部として舵およびビルジ・キールを装着している。

これらの模型船ならびに対応実船の主要目等を Table 1 に、正面線図および船首尾形状を Fig. 1 に、また横截面積曲線と水線面形状を Fig. 2 および 3 に示す。試験に用いた模型プロペラは、対象とした実船

に搭載を予定された主機 (定格出力 5000 PS×180 RPM) に対する最適のプロペラに近似した当センター所有のストックプロペラ M.P. No. 2042 である。その模型プロペラの要目を Table 2 に示す。

3. 試験状態および試験結果

上記の3船型に対し、満載状態 (イーブン・キール) と 75% 排水量状態 (1% 船尾トリム) の2状態について、抵抗試験および自航試験を実施した。これらの試験状態は Table 1 中に示されている。

抵抗試験の結果について、Fig. 4 に模型船の全抵抗係数を、Fig. 5 に造波抵抗係数を示す。なお、これらの図中に造波抵抗の生じない低速域の抵抗試験結果より求めた形状影響係数 K の値を示す。

自航試験によって得られた、自航要素を Fig. 6 に示す。これらの試験の結果に基づいて計算した、対応実船の有効馬力と伝達馬力を、それぞれ Fig. 7 および Fig. 8 に示す。

なお、これらの試験および解析の際、摩擦抵抗の計算には、シェーンヘルの式を用い、実船に対する粗度修正量 ΔC_F を、満載で +0.0007、75% 排水量状態で +0.0009 とした。また、実船の伝達馬力の計算に当って、実船に装備するプロペラは、試験に用いたストック・プロペラと相似なものと仮定し、かつ伴流係数の実船、模型船間の尺度影響は考慮していない。

4. 考 察

上記の試験結果によると、本調査で実施した範囲では、次のようなことが云える。

i) 形状影響係数 K は、満載状態および75%排水

Table 1 Principal particulars

模 型 船 番 号	3601A				3601B				R012			
	模 型 船	実 船	模 型 船	実 船	模 型 船	実 船	模 型 船	実 船	模 型 船	実 船	模 型 船	実 船
載 貨 状 態	満	載	75% 排水量	載	満	載	75% 排水量	載	満	載	75% 排水量	載
喫 水	0.3000	6.667	0.2374	5.276	0.3000	6.667	0.2383	5.296	0.3000	6.667	0.2374	5.276
ト リ ム ²⁾	0	0	0.0474	1.053	0	0	0.0474	1.053	0	0	0.0474	1.053
排 水 容 積	V_N ³⁾	0.67277	7382.9	0.50458	5537.2	0.67303	7385.8	0.50477	5539.3	0.67242	0.50432	5534.4
	V_A ⁴⁾	0.67321	7387.8	0.50502	5542.1	0.67347	7390.6	0.50521	5544.1	0.67286	0.50476	5539.2
排 水 量		7572.5		5680.6		7575.4						
浸 水 表 面 積	S_N ³⁾	4.6452	2293.9	3.9383	1944.8	4.6440	2293.3	3.9264	1939.0	4.6170	3.9112	1931.5
	S_A ⁴⁾	4.7847	2362.8	4.0778	2013.7	4.7835	2362.2	4.0659	2007.5	4.7565	4.0507	2000.3
方 形 係 数	C_B ³⁾	0.5537		0.5248		0.5539		0.5229		0.5534		0.5226
船 体 前 半 部 の 方 形 係 数 C_{BF} ³⁾		0.5089				0.5093				0.5083		
船 体 後 半 部 の 方 形 係 数 C_{BA} ³⁾		0.5986				0.5986				0.5986		
垂線間の長さ	L_{PP} (m)	4.5000				4.5000				4.5000		
計画満載喫水線上の長さ	L_{DWL} (m)	4.6552				4.6552				4.6552		
幅	B (m)	0.9000				0.9000				0.9000		
深さ	D (m)	—				—				—		
中央部船底勾配	(m)	0.0172				0.0172				0.0172		0.382
中央部平底半幅	(m)	0.0412				0.0412				0.0412		0.916
中央部船底彎曲部半径	(m)	0.1250				0.1250				0.1250		2.778

Table 1 (Continued)

模 型 船 番 号	3601A				3601B				R102			
	模型船	実 船	模型船	実 船	模型船	実 船	模型船	実 船	模型船	実 船	模型船	実 船
柱形係数 C_P ³⁾	0.5821		0.5594		0.5824		0.5572		0.5818		0.5568	
船体前半部の柱形係数 C_{PF} ³⁾	0.5350				0.5354				0.5344			
船体後半部の柱形係数 C_{PA} ³⁾	0.6293				0.6293				0.6293			
水線面積係数 C_W	0.7273		0.6586		0.7275		0.6713		0.7275		0.6697	
船体前半部の水線面積係数 C_{WF}	0.5989				0.5992				0.5992			
船体後半部の水線面積係数 C_{WA}	0.5616				0.8558				0.8558			
中央横截面積係数 C_M	0.9512		0.9383		0.9512		0.9385		0.9512		0.9385	
浮力中心位置 (L_{PP} の%にて) l_{CB} ⁵⁾	+2.0223				+1.9967				+2.0456			
長さ一幅比 L_{PP}/B	5.000				5.000				5.000			
幅一喫水比 B/d	3.000		3.791		3.000				3.000			
排水容積一長さ比 ($V_d/L_{PP}^3 \times 10^3$) ⁴⁾	7.388		5.542		7.386				7.380			
バ	5.79				5.48				5.48			
ル	1.25				3.00				1.25			
ブ	58.7				25.0				25.0			

1) 喫水は船体中央における数値を示す。
 2) トリムは船尾トリムを示す。
 3) 裸載状態の数値を示す。
 4) 全副部つき状態の数値を示す。
 5) l_{CB} の符号「+」は船体中央より船尾の位置を示す。

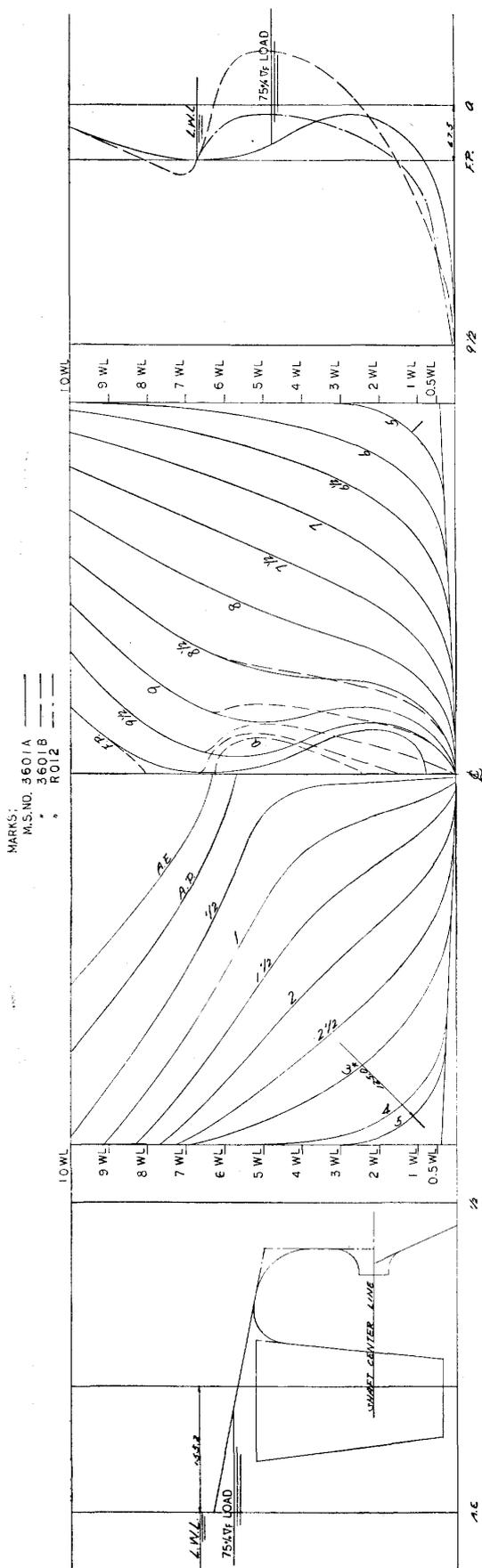


Fig. 1 Body plan and after, fore body

Table 2 Particulars

Model propeller No. 2042	
Diameter (m)	0.170 (3.780)
Pitch (Constant) (m)	0.146
Pitch ratio (Constant)	0.859
Boss ratio	0.180
Expanded area ratio	0.550
Max. blade width ratio	0.311
Blade thickness ratio	0.050
Angle of rake	10°
Direction of turning	Right-handed
Number of blades	4
Blade section	AU-type

(註) () 内数値は、実船の値を示す。

M.S.NO.	COND.	S.S.NO.	A.E.	A	A.P.	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	F.P.
3601A	FULL LOAD	0004	0011	0.023	0.045	0.099	0.169	0.245	0.403	0.563	0.717	0.844	0.976	1.000	0.918	0.675	0.527	0.384	0.258	0.157	0.119	0.093	0.076	0.056	
	75% F. LOAD	0	0	0.001	0.007	0.045	0.099	0.159	0.286	0.420	0.551	0.663	0.773	0.781	0.688	0.477	0.360	0.256	0.174	0.114	0.082	0.078	0.063	0.054	
3601B	FULL LOAD	0004	0011	0.023	0.045	0.099	0.169	0.245	0.403	0.563	0.717	0.844	0.976	1.000	0.918	0.675	0.527	0.384	0.258	0.156	0.121	0.093	0.071	0.040	
	75% F. LOAD	0	0	0.001	0.008	0.046	0.100	0.161	0.288	0.423	0.554	0.666	0.776	0.784	0.692	0.479	0.363	0.258	0.172	0.106	0.082	0.062	0.045	0.020	
RO12	FULL LOAD	0004	0011	0.023	0.045	0.099	0.169	0.245	0.403	0.563	0.717	0.844	0.976	1.000	0.918	0.675	0.527	0.384	0.256	0.156	0.121	0.093	0.071	0.055	
	75% F. LOAD	0	0	0.001	0.007	0.046	0.100	0.160	0.285	0.423	0.554	0.666	0.776	0.784	0.691	0.479	0.362	0.257	0.172	0.106	0.082	0.062	0.045	0.030	

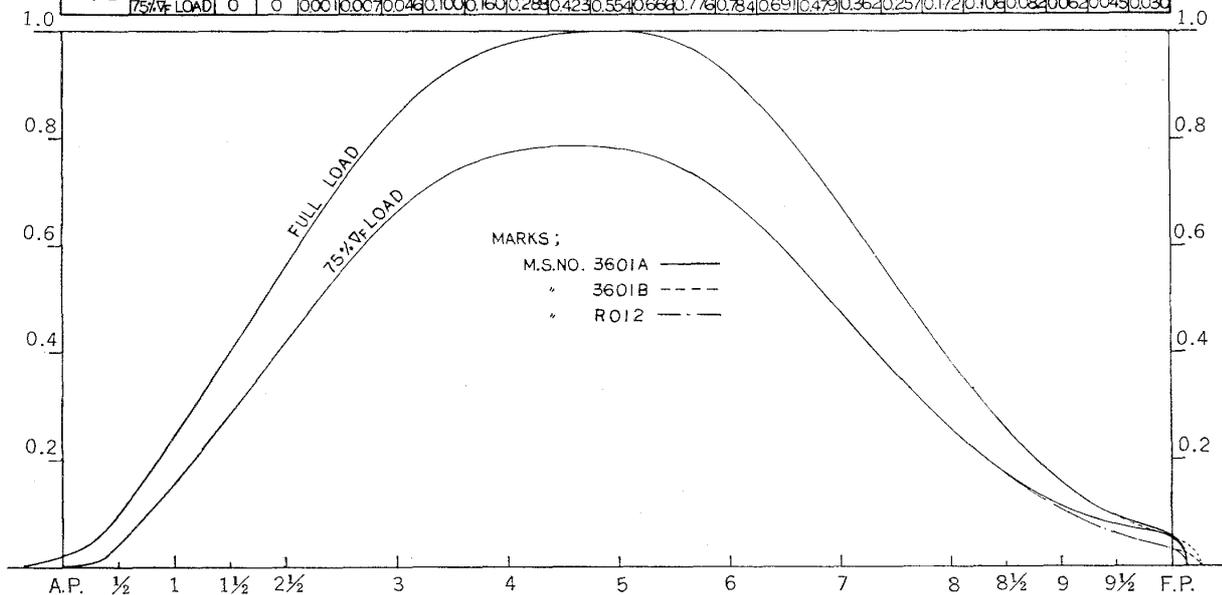


Fig. 2 Sectional area curves

M.S.NO.	COND.	S.S.NO.	A.E.	A	A.P.	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	F.P.
3601A	FULL LOAD	0111	0188	0.263	0.364	0.465	0.561	0.649	0.799	0.905	0.968	0.995	1.000	1.000	0.981	0.812	0.676	0.515	0.339	0.180	0.115	0.063	0.028	0	
	75% F. LOAD	0	0	0.041	0.163	0.268	0.372	0.477	0.648	0.784	0.889	0.955	1.000	1.000	0.960	0.753	0.602	0.436	0.276	0.141	0.093	0.058	0.037	0.030	
3601B	FULL LOAD	0111	0188	0.263	0.364	0.465	0.561	0.649	0.799	0.905	0.968	0.995	1.000	1.000	0.981	0.812	0.676	0.515	0.339	0.180	0.115	0.063	0.030	0	
	75% F. LOAD	0	0	0.047	0.169	0.273	0.377	0.480	0.651	0.786	0.890	0.956	1.000	1.000	0.960	0.753	0.603	0.437	0.286	0.188	0.158	0.136	0.121	0.107	
RO12	FULL LOAD	0111	0188	0.263	0.364	0.465	0.561	0.649	0.799	0.905	0.968	0.995	1.000	1.000	0.981	0.812	0.676	0.515	0.339	0.180	0.115	0.063	0.030	0.004	
	75% F. LOAD	0	0	0.046	0.168	0.273	0.377	0.480	0.651	0.786	0.890	0.956	1.000	1.000	0.960	0.753	0.603	0.437	0.286	0.188	0.158	0.136	0.121	0.107	

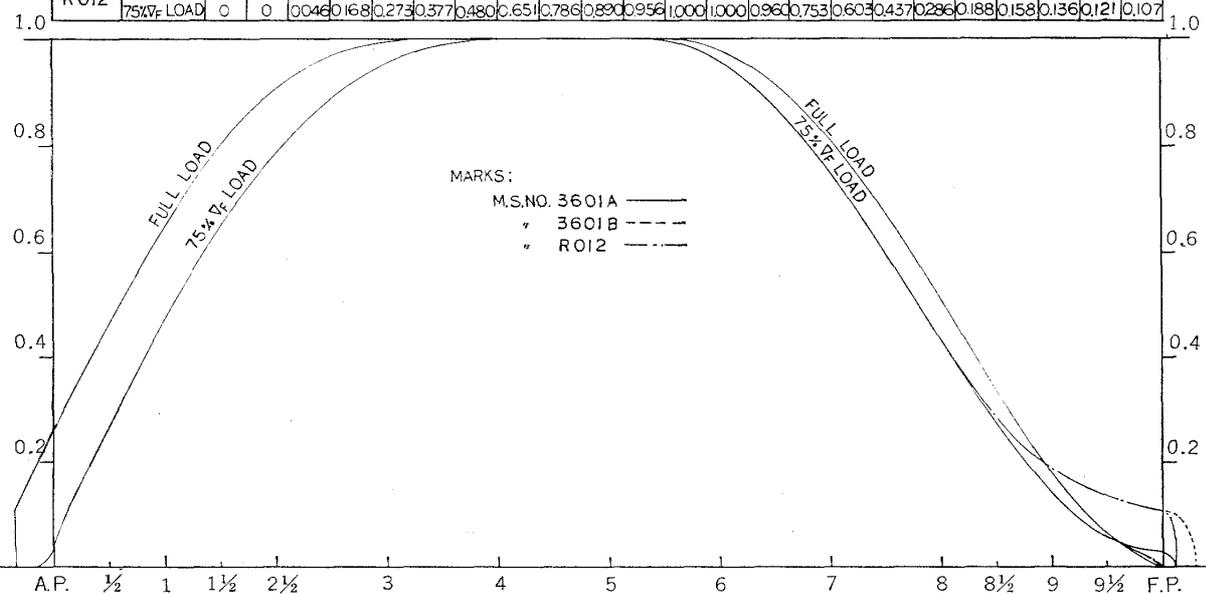


Fig. 3 Water plan curves

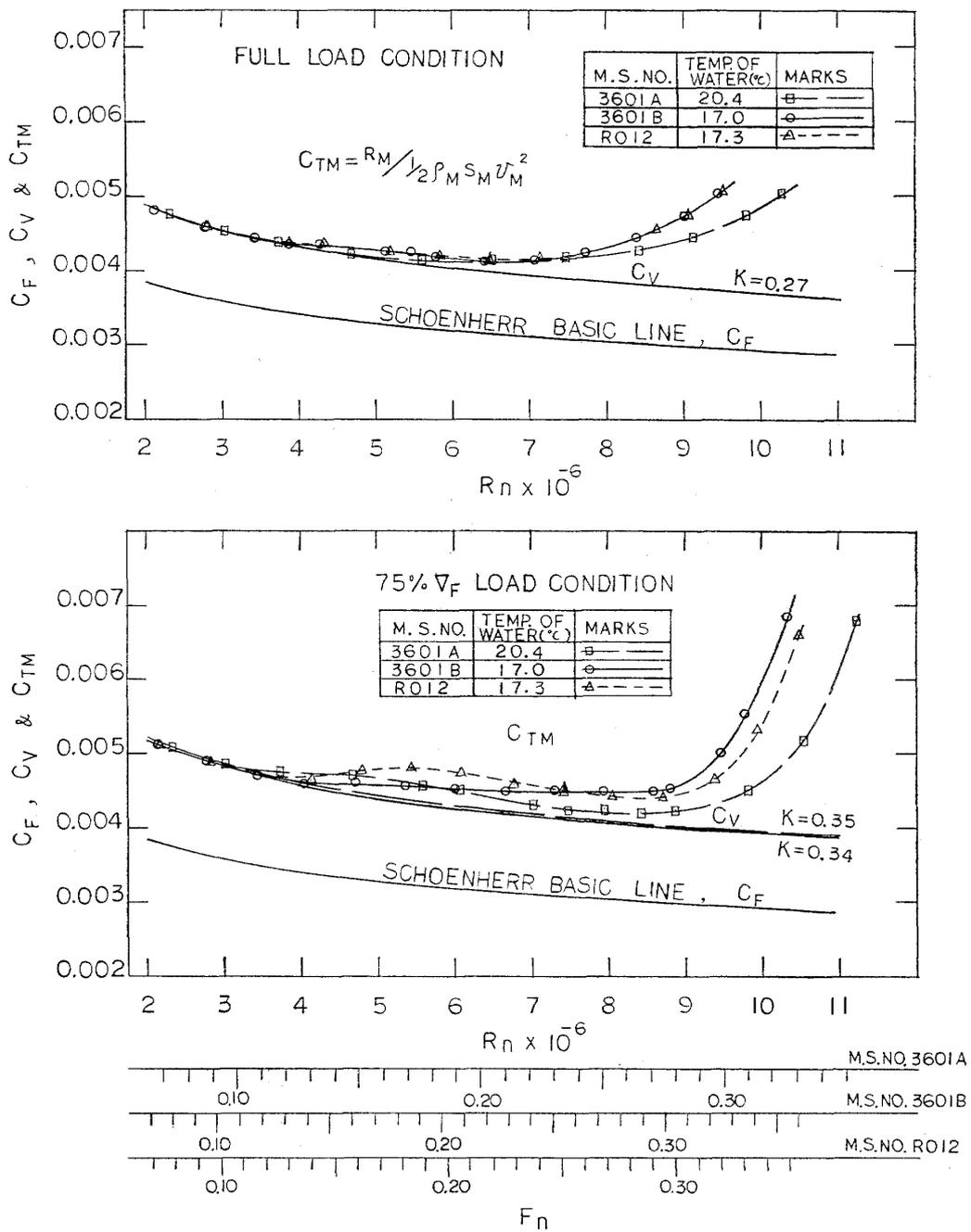


Fig. 4 Total resistance coefficient

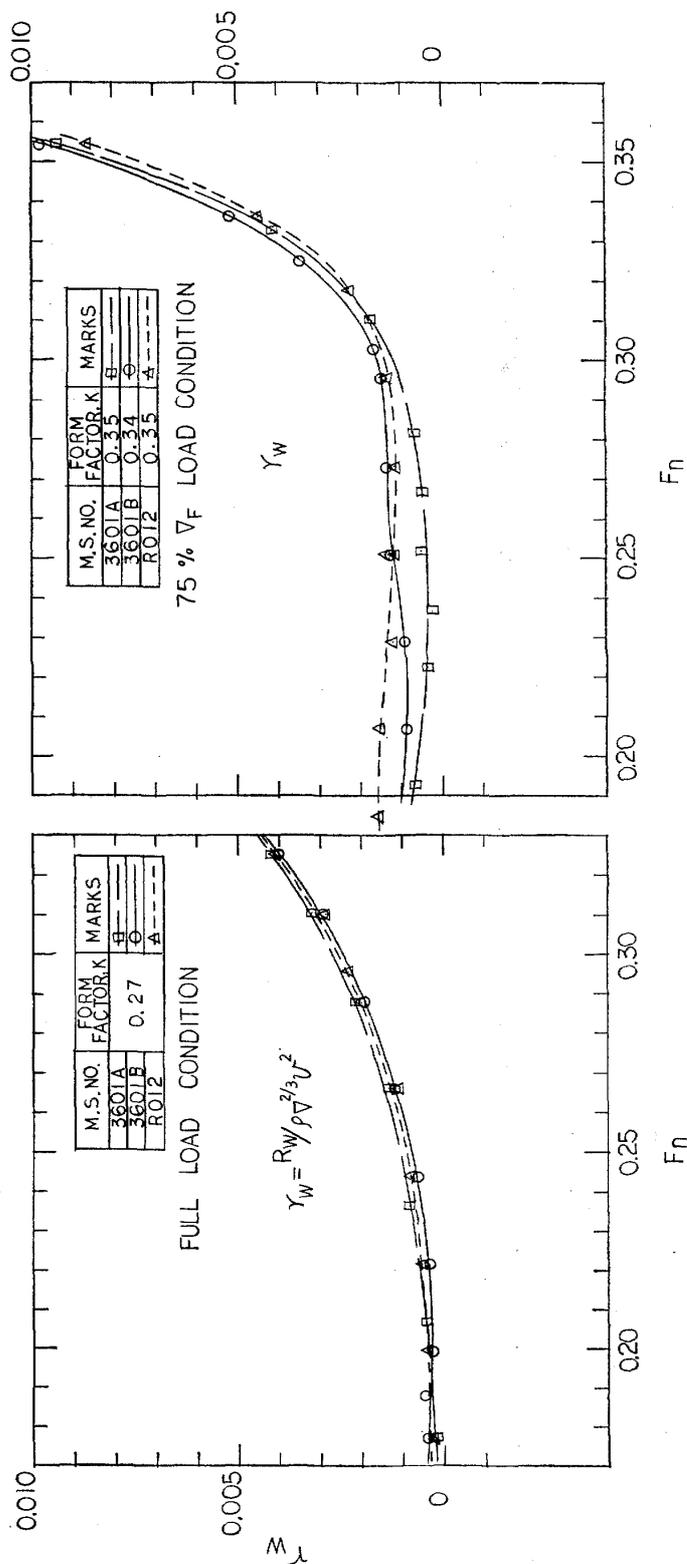


Fig. 5 Wave making resistance coefficient

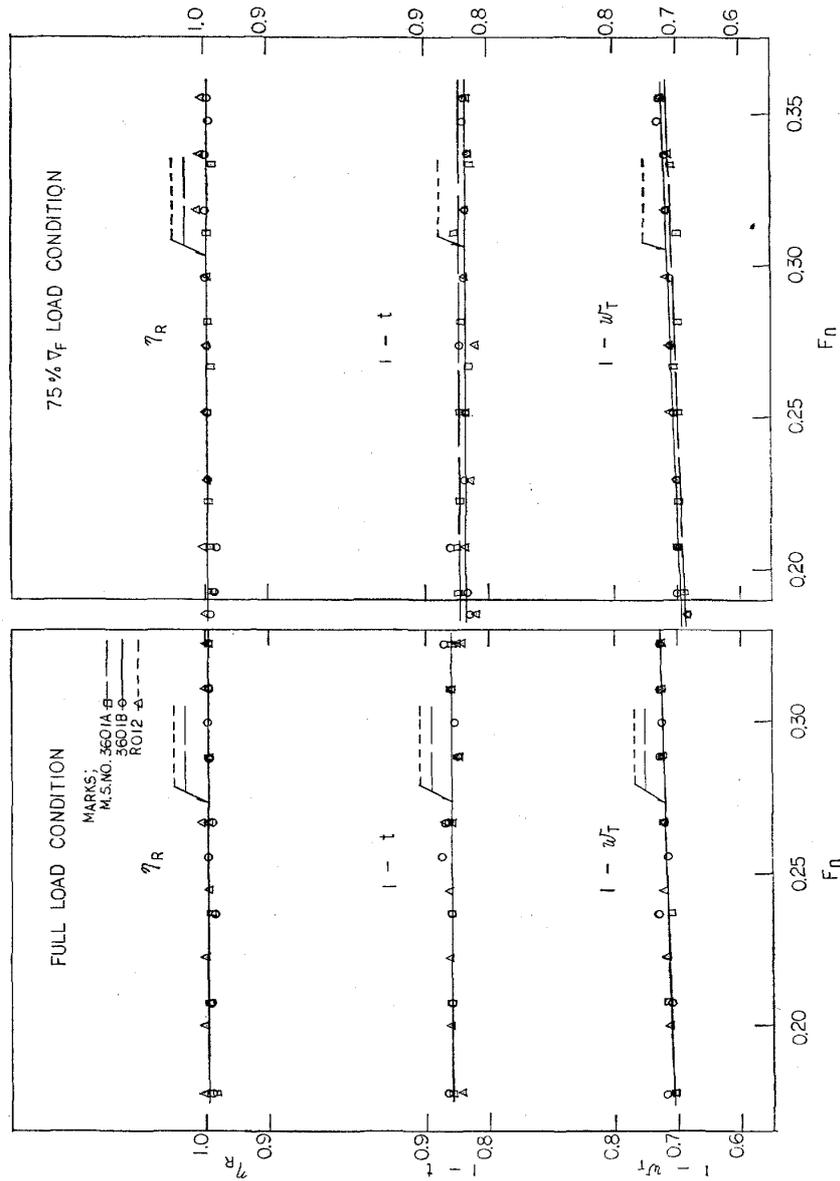


Fig. 6 Self-propulsion factor curves

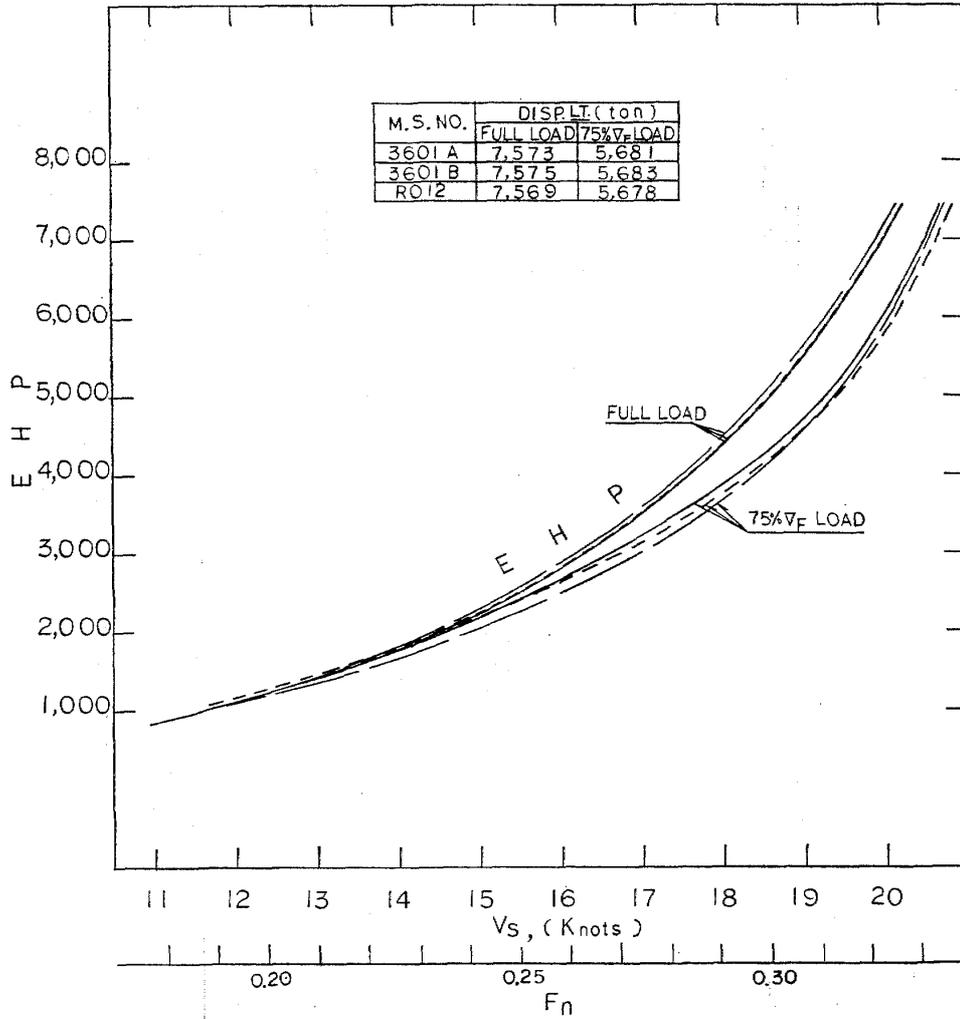


Fig. 7 EHP curves

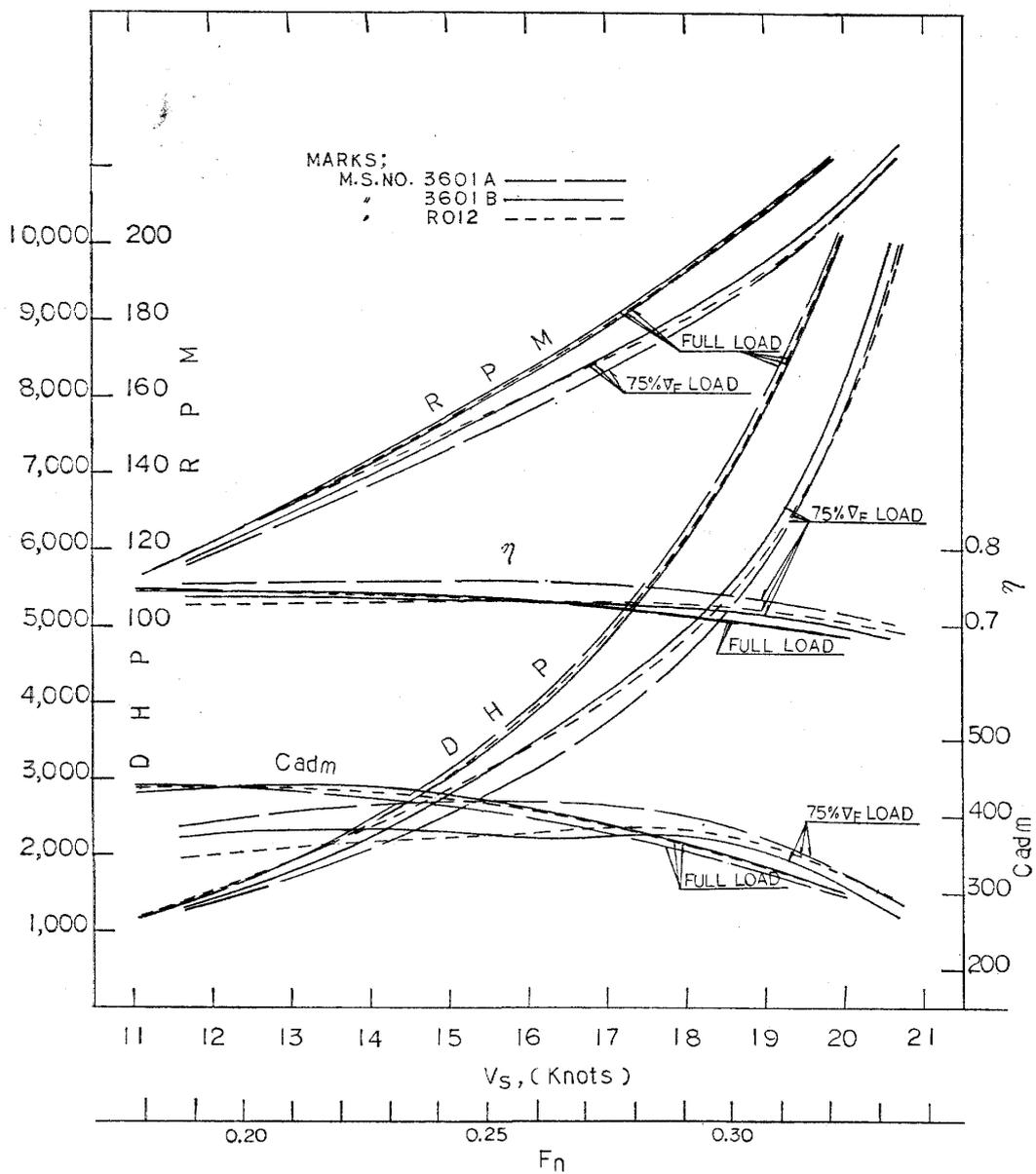


Fig. 8 DHP etc. curves

量状態とも、船首バルブの形状が変化しても殆ど影響を受けない。

ii) 満載状態では、全速度範囲を通して、突出量の大きい high bulb は、low bulb より低い造波抵抗係数を与える。計画速度(フルード数 0.28)で約 15% 程低い。

船首が high bulb 形状を有する船型の中でも、その突出量が 3% L_{PP} のものは、1.25% L_{PP} のものよりも、僅かに低い r_R を示している。一方、75% 排水量状態では、low bulb をもつ船型が、常用速度範囲($F_n \leq 0.29$)では、最も低い結果を示し、突出量の大きい high bulb 形状の船型が最も高い造波抵抗係数を示しており、その差は計画速度(フルード数 0.30)で約 30% となる。

high bulb 形状をもつ船型の 75% 排水量状態において造波抵抗が増大した原因は船首部の喫水が high bulb の最も膨らんでいる付近にあるためと考えられる。フルード数が約 0.31 以上の高速になると、突出量が 1.25% L_{PP} の high bulb 形状をもつ船型が low bulb のものに比べて僅かに低くなる傾向が見える。

iii) 自航要素は、満載状態および 75% 排水量状態とも本調査の試験速度範囲内では、実用上殆ど影響はないと考える。

iv) 対象とした実船の所要主機馬力を満載状態の計画速度付近で比較すると、突出量 3% L_{PP} の high bulb 形状をもつ船型は、low bulb 形状のものより約 3% 程低い結果を示し、突出量 1.25% L_{PP} の船型は

約 2% 程改善される。一方、75% 排水量状態の計画速度付近で見ると、low bulb に比べて、high bulb のものは突出量 3% L_{PP} で約 8%、突出量 1.25% L_{PP} で約 5% 程所要主機馬力が増大する。

v) 航海中の船首喫水が広範囲で変化するような船にあっては、その喫水線と船首バルブの形状との相対的な位置関係が抵抗性能上重要な要素となるので、バルブ形状の選定に際しては、注意を要する。

5. あとがき

本調査で、高速幅広喫水船の船首バルブ形状について、通常の low bulb または high bulb を採用した場合の推進性能をある程度明らかにすることができた。しかし、今回対象とした船型の船体前半部フレーム・ライン形状は少々U型に近いものであるため、今後機会を見て同種の船で、その船首部がV型のフレーム・ラインをもつ船型についても同様な調査を行なうことを計画している。

おわりに、(社)日本中型造船工業会が本調査の発表について協力して頂いたことに厚く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) (社)日本中型造船工業会、内航船の推進性能に関する調査研究、昭和53年3月
- 2) 多賀野寛、船舶の抵抗推定法に関する研究、昭和50年5月、大阪大学学位論文