

於海洋工学懇話会

半没水型洋上プラットフォームの抵抗試験について

別所正利<sup>\*</sup>, 鈴木勝雄<sup>\*</sup>, 東原信夫<sup>\*\*</sup>

内容

1. 序論
2. 模型の試験と種類
3. 結果と考察
4. 結論

参考文献

附表及附图

\*防阻大学校

\*\*住友重務

# 1. 序論

本装置のように円筒部や角張った部分の多い物体の水抵抗を模型試験結果から推定するのは一般に非常に困難な問題である。

一般に水抵抗  $R$  は

$$R = (R_F + R_E) + R_R$$

$R_F$  : 摩擦抵抗       $(R_F + R_E)$  : 粘性抵抗

$R_E$  : 渦      "      "

$R_R$  : 剰余      "      "      (造波若しくは水面影響による)

と表わされると考えられているが、この内粘性に基づく抵抗はレイノルズ数に依存し、剰余抵抗はフルード数の函数である。

船のように流線型の物体では渦抵抗が小さくて摩擦抵抗は円筒と同じ表面積をもち平板の抵抗に等しいので、それは別の試験で求めるとき、フルード数を合せて模型試験を行う方法(フルードの方法)で充分正確な推定が出来る。

しかし本装置のように粘性抵抗(特に渦抵抗)が大きいものではレイノルズ数の影響は大きいと予想されるのでそのような方法では不充分であると考えられる。

そこで先づ水面の影響を除いた時の抵抗の特性を調べる為に所謂没水2重模型による抵抗試験を行い抵抗のレイノルズ数への依存性の傾向を調査検討する事とした。

更に水上模型の抵抗試験との差から剰余抵抗をおもて算物の抵抗を推定する資料を得る事とした。

最後に簡単な自航試験を通じて自航性の特徴を把握する事に努めた。

## 2. 模型と試験の種類

前節の方針に従い次のような試験を実行した。

試験の種類	模型	状態	場所	計器
船脚没水 2重不足型 抵抗	フッ素ニク 3号型 A, B, C	満載 軽荷	回流水槽 (用水路部) (長×幅×深) (6.0×1.2×1.0)	没水体 動力計
全体模型 曳航抵抗	Aのみ	同上	同上	抵抗測定用 金物
自航	同上	同上	同上	2049回転数計 速度ストップウォッチ

(模型A:流線型回転体, B流線型矩形断面,  
C:扁平球型, 詳細は仕様書参照)

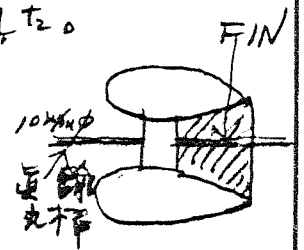
没水2重模型は回流水槽の中程に据付けた没水体動力計(F-13)の秤の真中に固着し, 抵抗を天秤と巻計を用いて計測した。

満載状態模型では上下に大きく揺れて少し速度が大きくなると測定が困難となり, 且つ巻置がこわれる危険があったので模型中心線上に厚0.8mmのポリ板を①のように模型の後端まで張って実験した。

これにより振動は軽減し計測は楽になった。

以下 Fin 付として記すデータはこの状態を示す。

なお先端から5%の所に径1mmの乱流促進線を巻きつけて実験を行ったが補正はしていない。



全体模型の抵抗試験は模型に糸をつけて抵抗試験用金物(仕様書参照)の重錘で曳航し, 模型の速度は30プーリーの回転速度を回転計から読みとって測定した。

この時は乱流促進線は巻付けておらず又プロペラ船はつけた儘とした。

全体模型については以上の試験の後プロペラを回転させて自航させストップウォッチで船速を測り, 又ストップ

装置でフリップ回転数を測定した。

船が前進している時のフリップ回転数の測定は困難であつたが電源電圧が決まるとその変化はあまり大きくなかつた。

なおこの時モーター駆動電源は商用100V A.C. 電源からスライダックにて変圧整流したものを利用したが、細く且つ長い線を利用した為その長さによつて手前変圧器側の電圧とモーター側の電圧はひどく違つていた。しかしフリップ回転数と速度の関係は略々一定しているようであつた(F-12)。

### 3. 結果と考察

浸水2重模型の抵抗試験データはD-1~13に示す。  
 模型断面はF-1に、抵抗値の曲線はF-2, 3, 4に示す。  
 これらのデータから次の3種類の抵抗係数を計算しレイノルズ  
 数バーヌにプロットした。

$$C_s = \frac{(R/2)}{\frac{\rho}{2} V^2 S} \quad (F-5, 6), \quad R: \text{2重模型の全抵抗}, \quad S: \text{単脚の浸水表面積}$$

$$C_A = \frac{(R/2)}{\frac{\rho}{2} V^2 A_R} \quad (F-8, 9), \quad A_R: \text{単脚の正面投影面積}$$

$$C_V = \frac{(R/2)}{\frac{\rho}{2} V^2 \nabla^2} \quad (F-10, 11), \quad \nabla: \text{単脚の排水容積}$$

$C_s, C_A$  はその儘全体模型のものと比較出来るが  $C_V$  については脚が4脚になると  $C_V$  は  $4/4^2 = 1/4$  倍になるのである。これは比較出来る率に注意する必要がある。

又曳航試験データはD-14~17, その曲線はF-2に、 $C_s, C_A$  はF-5~9中に示し、又F-17図にはフルード数バーヌにプロットしてある。

さて一般に抵抗はA, B, Cの順に大きく特にCは大きい事が判る。

まず  $C_s$  をヒューズ<sup>2</sup>の平板摩擦抵抗係数と比較してみると満載状態(F-5)ではそれより桁違いに大きくなって所謂渦抵抗の部分が大きいと推察される。

そこで  $C_A$  (F-8) について見ると特にCでは内筒の抵抗に近い事が判る。

又図からよく判るようにフィンをつけると抵抗変動は少なく且つ小さくなっている。

次に軽荷状態では  $C_s$  (F-6) を見るとA, Bでは平板摩擦の2~3倍でレイノルズ数による変化の傾向もよくあつてをり又他のデータ(文献)ともよく照合するので信頼がおける。

しかしCについては抵抗も非常に大きく且つ点のバラつきも大きい。そこで  $C_A$  に直して見ると(F-9)球の抵抗曲線と用意を似たものがある事が判る。

これはこの状態におけるC型型は餅を直めたような形であり、これに似ているものとも考えられるので当然かましかねないが、いづれにしてもレイノルズ数による抵抗変化は予想が困難であろう。

しかし球の抵抗係数は図中に示すように  $Re = 10^5 \sim 10^6$  までは 0.5 ~ 0.1 位まで下り、その後は徐々に上って行くとされているし、又一方平板摩擦抵抗係数  $C_f$  もレイノルズ数が増えると減って行き  $Re$  が  $10^5$  から  $10^7$  になると  $C_f$  は半分以下位になる。

従ってC型型の抵抗係数を  $C_f$  に比較すると考えても、今の縮小模型で考える限りあまり非現実的な推定値とはならないように思われる。

そこで軽荷状態の抵抗係数については形状影響係数  $K$  を用いて

$$C_s = (1+K) C_f \quad \dots \dots (1)$$

と表わせるものと考え事にしよう。

そうすると  $(1+K)$  の値は実験値から E-2 iii) 表のように決められる。

さて満載状態と軽荷状態の差は鉛と円筒部に基づくものと考えられるので、F-2, 3, 4 図から  $V = 0.5, 0.7$  m/s において抵抗の差を讀みとり、正面投影面積の差に割って抵抗係数を計算すると、E-1 表が得られる。

円筒の抵抗係数はこの程度のレイノルズ数では 1.2 で、Roshko の長い fin 付実験では 0.7 とされているので、模型によりかなり差はあるけれども、両状態の抵抗の差は円筒部の抵抗に基づくものと考えて大まか過ぎることはないであろう。

そこで今度は逆に fin 付円筒の抵抗係数を 0.8 (E-1 表 A 模型の値) と仮定して、全抵抗係数から円筒の抵抗に基づくものを差し引き  $C_f$  と比較すると E-2 iii) 表のように軽荷状態のそれによく対応する  $(1+K)$  の値を求め事が出来た。

表中 A の 1.29 は流線型としては妥当な値で軽荷状態の 2.00 はシヤム双生児的な変な形である為この様な大きな値になるものと考えられる。

このような考察から満載時の抵抗は

$$R = R_F + R_c + R_R \quad (2)$$

$R_F$ : 摩擦抵抗,  $R_c$ : 内筒部抵抗 (揚抵抗)

$R_R$ : 剰余抵抗

$$R_F = (1+K)C_f \left(\frac{\rho}{2} V^2 S\right), \quad C_f: \text{平板摩擦抵抗係数}$$

$K$ : 形状影響係数

$$R_c = C_D \left(\frac{\rho}{2} V^2 A_c\right), \quad C_D: \text{内筒抵抗係数}$$

$A_c$ : 内筒部正面投影面積

と表わせるものと考え事にしよう。

剰余抵抗は F-7 図中に没水抵抗試験金のデータを寫し入れ (鉛筆系), その差を讀みとると E-3 1) の表のようになる。

所望の程度のフルード数においては満載では内筒部が主に関係するとなると各々一定と考えるのは妥当である (文献 5)。又 B, C 模型については実験上内筒部が主役を演ずると言う推察から剰余抵抗は A, B, C 共略同じものになると推察される。

軽荷状態でも実験値からは A 模型の定物換算 4 節位迄略一定と考えられる。しかしこの場合は形によつて大きく変化すると思われるので B, C については推察の方法がない。

最後に自航試験の結果 (D-18~23, F-12) を見ると

満載状態では	$V/nD \approx 0.2$
軽荷 " "	$\approx 0.4$

となつてゐる。(模型プロポは 1/30 付了枚羽ピッチ比 0.62)

プロペラが小さいので動力計は整備しなかつたし、伴流係数も推力減少率も不明であり、又ノズル内は整備したのでプロペラ特性も判らず推進性能は推測の手段がない。

E-5(1)表には一つの速度に対応するプロペラ回転数とその回転数に対応するプロペラの静圧推力(ノズルなし)と船の抵抗の割合を示しておいた。

今の場合槳型であるので伴流は非常に大きく又スリットも大きいのでノズルによる推力増大にも非常に大きい増大されるがこの表はそれを明らかに示している。

なお一般にこのような回転体の後には備付けられるプロペラの推力減少は極めて小さいと言われており又伴流率は境界層の厚さに関係するが、船に較べると一般に小さいものと言われていた。



### 《 結論 》

以上没水2重模倣型抵抗試験(3種×2状態), 全体模倣型(自航)抵抗試験(1種×2状態)を施行して次の結論を得た。

- i) 本装置の抵抗は船等のような流線型の物体に比し非常に大きいのでレイナルズ数による縮尺影響は大きいものと推察される。
- ii) 特に満載状態においては円柱部の抵抗が大きい。
- iii) この円柱部の後には径の2~3倍のフィンをつけるとレイナルズ数が小さくても実物に近い程度の抵抗に存るようである。  
又この時カルマン渦に基づく左右に働く力も小さくなるようである。
- iv) 剰余抵抗は実物相当4帖位迄は略一定と見なしてよいように見える。
- v) 脚型 A, B, C の順に抵抗係数  $C_A = R / \frac{\rho}{2} V^2 A$  は大きいから満載時実物換算3帖においては抵抗は A と B が略同じで C はそれより約2割大きい。  
軽荷時は A が断然小さい。
- vi) A型では満載時3帖の有効馬力は軽荷時5帖のそれに等しいと推定され、これは自航試験結果の結果からも伺われる。

最後に v) 項にも表われているように抵抗については抵抗係数の大小も大切であるが、所要の排水量に対して表面積あるいは正面投影面積を小さくする事はもっと大切な事である。と云うのは抵抗係数を小さくするのは大変困難な事であり又実験結果にまたねばならないが表面積等を小さくする事は他の事情さえ許すならば簡単な計算によつて可能であるからである。

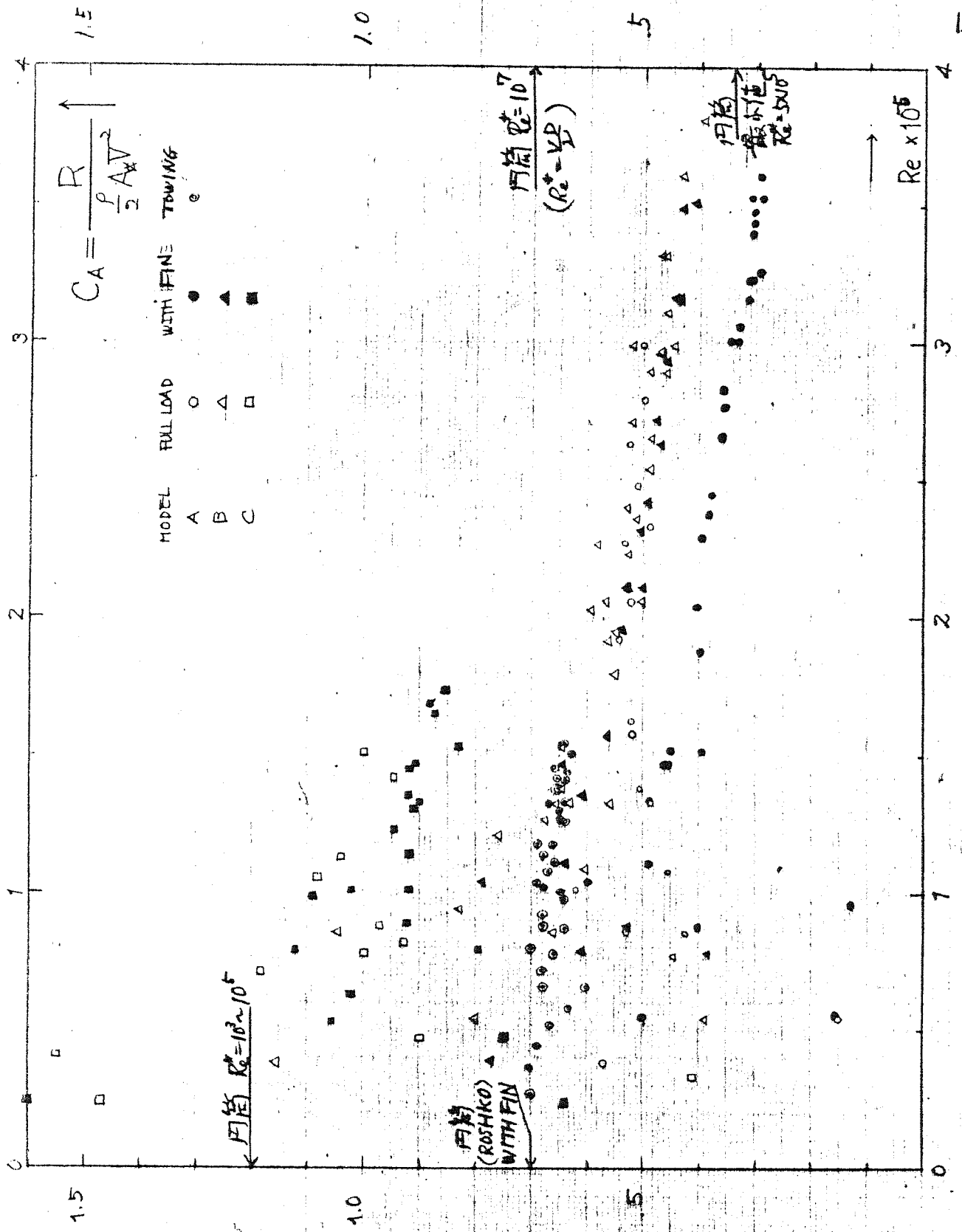
以上

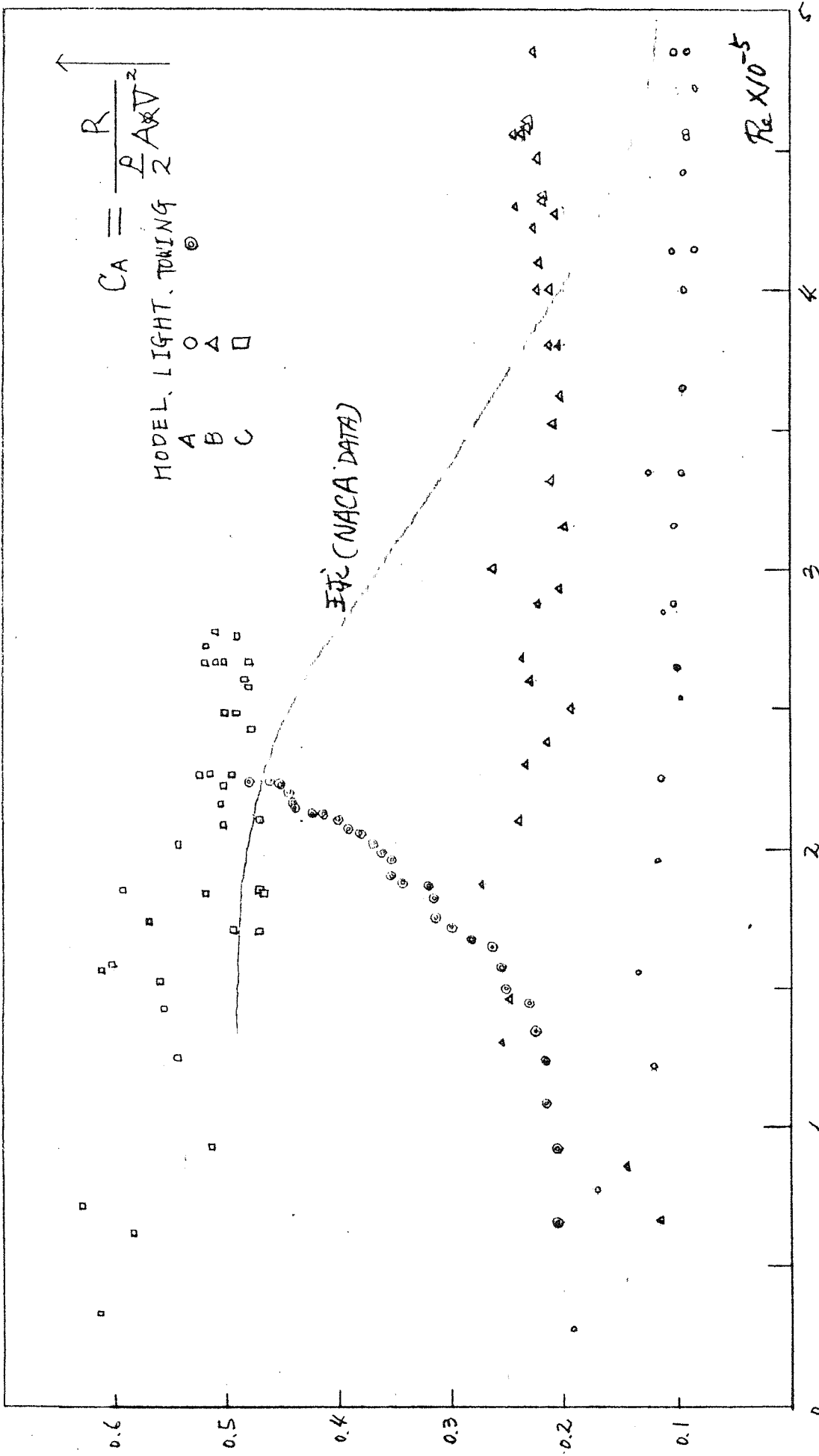
参考文献

- 1) 4脚型半潜水式プラットフォーム模型仕様書
- 2) 日機運; 位置安定装置付半潜水式海上自動操舵システムの開発に関する調査報告書  
昭和46年5月
- 3) 水野俊明他; 浸水体の抵抗について  
関西造船協会誌 昭和
- 4) Roshko, A; On the Wake and Drag of Bluff Bodies  
J. of Aeron. Science vol. 22 (1955)  
" ; Experiments on the flow past a circular cylinder at very high Reynolds number, J. of Fluid Mech. vol 10 (1961)
- 5) 田中琢, 水面を直進する直立円柱の性質について  
造船学会誌 505号 (昭和46年7月)  
菅井和夫, 自己昇降式海上作業台船型型の波浪中  
航行試験  
船舶技術報告 8巻4号 昭和46年

MODEL PARTICULARS.

MODEL	SINGLE FOOT				WHOLE MODEL			
	A		B		C		A	
FOOTING	FULL	LIGHT	FULL	LIGHT	FULL	LIGHT	FULL	LIGHT
L (m)	3822	3822	3822	3822	2326	2326	75	75
B (m)	110	110	110	110	1163	1163	75	75
D (m)	190	1000	1549	0649	1526	0626	190	100
D (10 <sup>3</sup> m)	3.171	2.432	3.132	2.163	3.317	2.385	12.900	9.800
S (m <sup>2</sup> )	12895	0941	15516	0880	13476	0832	5158	3764
A (m <sup>2</sup> )	01891	01046	01624	00714	01531	0065	07564	04184
S/A	6.82066	8.99704	9.55478	12.32666	8.80094	12.7392	6.821	8.997
S/A <sup>2</sup>	0.5974	5203	07248	05362	06059	04660	9.378	8.219
A <sub>c</sub> /S	0.6204		0.5756		0.5936			
A <sub>c</sub> /A <sub>0</sub>	4230		4926		5235			
A <sub>0</sub> = 凹筒部正面投影面積	= 0.08 × 0.1 = 0.08 (m <sup>2</sup> )							
A <sub>0</sub> /A <sub>0L</sub>	0.0845		0.0910		0.0881			





満載, 軽荷両状態の抵抗の差から  
算出した円筒部の抵抗係数  $C_D$

V (m/s)	0.5	0.7
$A_F - A_L$	1.04	1.05
$A'_F - A_L$	.83	.80
$B_F - B_L$	.89	.74
$B'_F - B_L$	.76	.65
$C_F - C_L$	1.39	1.19
$C'_F - C_L$	1.23	1.08

註 i)  $A_F - A_L$  等は 牽引型 A 型の満載状態抵抗より 軽荷状態のものを差し引いた値を示す。

肩符 (') は フィン付を示す

ii)  $C_D = (\text{抵抗の差}) \div \left[ \frac{1}{2} V^2 (\text{正面投影面積の差}) \right]$