

図-6.2 ウェークレークヘッド

作盤に隣接して設置されている。その機能は各動力計、圧力測定装置、流速測定装置などの諸計測をデジタル表示し、印字器で記録することである。

6.10 空気含有量測定装置

空気含有量測定装置としては従来用いていた Van Slyke 型を新設した。これは水槽よりサンプル水少量を採取して、ガラス製の容器内で水銀により減圧、攪拌して水中に溶解している空気を遊離させて容器外に追い出して、その前後の圧力を測定して遊離した空気の分圧から空気含有量を求める装置である。

装置の概略を図-6.3に示し、その取扱い方について説明する。操作はつぎの手順で行なう。

1) 三方コック 1 は図中 C で示した状態、コック 2 は D、コック 3、4 をそれぞれあけて、水銀溜めを静かにあげて装置全体に水銀を満したのち、コック 4 は閉じてコック 1 は A にして、水槽の水を流しておく。

2) 十分水を流したあと、水銀溜めを下げてコック 1 を B にして、サンプル水を 2 cc (または 10 cc) の

目盛のところまで導入したあとコック 1 を閉じる。

3) 水銀溜めをさらに下げて、サンプル水を球形部 3 に導入したあと、コック 2 を E にする。

4) 水銀溜めを静かに持ち上げて、サンプル水と水銀をオリフィスを有するバイパスを通して球形部 2 の中に勢いよく噴出させる。

5) 3) と 4) の操作を 10 数回くり返したあと、サンプル水の水面を 2 cc (または 10 cc) の目盛に合せその時の左側の水銀柱の高さを読みとる。この時の読みを P_1 [mmHg] とする。

6) 水銀溜めをさらに持ち上げてサンプル水より遊離した空気の小さな泡をコック 1 を C にして外部に放出してただちに閉じる。このときサンプル水が逃げないように十分注意しなければならない。

7) 水銀溜めを下げてサンプル水の上端を再び 2 cc の目盛に合せて、その時の水銀柱の高さを読みとる。この時の読みを P_2 [mmHg] とする。

つぎに空気含有量の算出は以下のようにする。

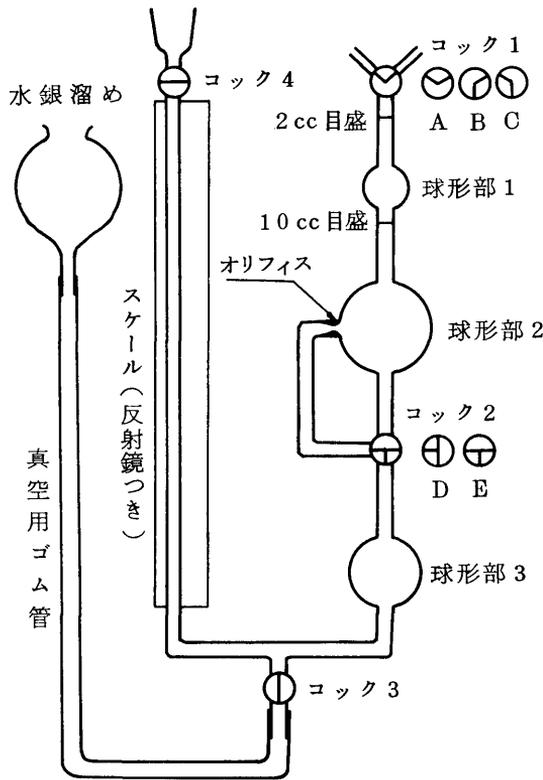


図-6.3 空気含有量測定装置

温度 $t^{\circ}\text{C}$ で、体積 V が 2 cc の遊離空気 の分圧 $P\text{mmHg}$ は、 $P_2 - P_1$ である。 $P_0 = 760\text{mmHg}$ 、 $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ の標準状態における遊離空気 の体積 $V_0\text{cc}$ は、ボイル-シャルルの法則により、

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

である。ここで、 T 、 T_0 は絶対温度で、 $T_0 = 273^{\circ}\text{K}$ である。したがって V_0 は、

$$V_0 = \frac{PV}{P_0 \frac{T}{T_0}} = \frac{P_2 - P_1}{760} \frac{2}{(1 + 0.00366t)}$$

となる。水 1 l 中の標準状態における飽和空気含有量を α_s とすると、測定した水 1 l 中の遊離空気はサンプル水 2 cc の場合は $500V_0$ となる。これを α で表わし、空気含有率 α/α_s を計算すると、

$$\frac{\alpha}{\alpha_s} = (P_2 - P_1) \frac{500 \times 2}{\alpha_s \cdot (1 + 0.00366t) \times 760} = (P_2 - P_1) \cdot c_w$$

となる。

サンプル水 2 cc のときの各温度における c_w の値を表-6.2 に示す。サンプル水が 10 cc のときは係数 c_w はその 1/5 の値で計算すればよい。

6.11 動力計の取扱い

6.11.1 主プロペラ動力計

較正は、駆動電動機とプロペラ軸を切り離し、動力計単体について静止状態で行う。すなわち、別に用意されている較正用レバーを所定の位置にボルトで取りつけたのち、重錘皿をレバーにつけて重錘をのせて行なう。較正はメカニカル指示計とひずみ計の表示の両方について行なう。トルクについては両方同時にできるようにになっているが、スラストについては較正されたメカニカル指示値を基準にして、別の治具で駆動電動機の軸を押して、ひずみ計の表示を較正している。メカニカル指示計の零調整は各天秤機構内にあるバランスウェイトを移動することにより行い、ひずみ計の零調整は零調整用可変抵抗器によって行なう。ひずみ計のスパン調整は最大荷重を与えたときに、表示が最大荷重に等しくなるように、“スパン”調整用可変抵抗器によって調整する。“スパン”の調整が終わった後は必ず“較正”ボタンを押して、それぞれ、トルク、スラストの表示器に現れた値を記録しておく。その後、ひずみ計の増幅特性が変化した場合、“較正”ボタンを押して、“スパン”調整を行うことにより増幅特性の修正ができる。

なお、メカニカル指示計は一度較正すれば長期間較正の必要がない。

アイドルトルクの測定は軸の先端に、プロペラに代るアイドルボスを取りつけて、流速は零の状態で行う。動力計の回転速度の制御は中央操作盤で行い、トルク、スラストおよび回転数の記録はデジタル計測盤で行う。

プロペラの試験は次の手順で行う。

- 1) 側面のガラス窓を取りはずして模型プロペラを軸に装着して、窓ガラスを取りつけて水槽に水を満す。
- 2) ひずみ計の“較正”ボタンを押して、それぞれ

表-6.2 c_w の値

水温 ($t^{\circ}\text{C}$)	0	5	10	15	20	25	30	35
c_w	0.228	0.254	0.280	0.304	0.328	0.350	0.369	0.387

の表示値が所定の数値になっていることを確認する。

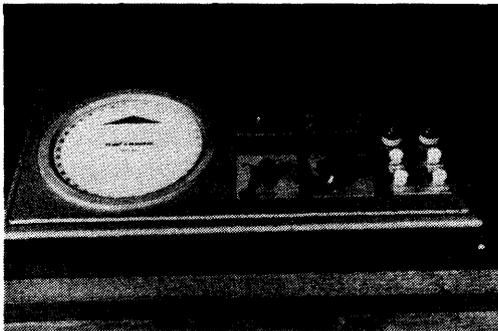
3) 中央操作盤のインペラ電動機回転制御用可変抵抗器と主プロペラ動力計回転制御用可変抵抗器を調整して、それぞれ所定の回転数に設定したのち、補機制御盤の押しボタンによって圧力調整を行う。

4) 試験の状態がすべて設定したのち、デジタル計測盤の計測制御スイッチを“外部”に倒して印字器に記録する。

5) 3), 4) の操作を各測定点についてくり返す。

なお、ストロボフラッシュを使用する場合は、ストロボ装置の電源ケーブルなどをすべて所定のところへ接続したのち、電源を投入し、次の操作をする。

1) ストロボ操作盤(写真—6.9)の2つの切換えスイッチをそれぞれ、“J-26”、“Strobo”にする。



写真—6.9 ストロボ操作盤

2) ストロボ装置の“TRIGGER MODE”スイッチを“SYNC. SIGNAL”に、“FUNCTION”スイッチを“STROBO LOW”または“HIGH”に選択する。つぎに“INTENSITY”スイッチを、必要な明るさによって、“LOW”、“MED.”、“HIGH”の何れかに選択すると、ストロボフラッシュが発光し始めて模型プロペラを静止して見ることができる。

3) プロペラ翼の観測位置はストロボフラッシュの発光のタイミングをずらすことによってできる。すなわち、ストロボ操作盤の回転方向選択レバーをどちらか一方に選択したのち、同操作盤の“SPEED”調整用のつまみを回すことにより模型プロペラを停止あるいはゆるやかに回転しているように見ることができる。したがって、ストロボ操作盤によってプロペラの翼を任意の位置で観測できる。

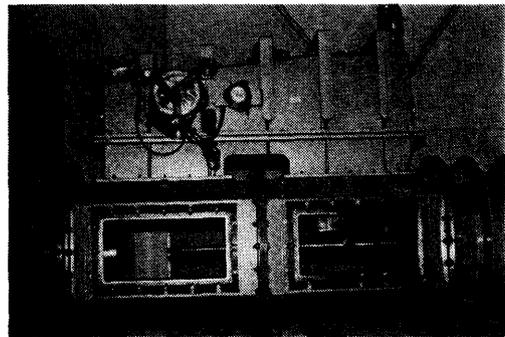
4) カメラでプロペラを撮影するときはつぎのようにする。ストロボ装置に付属しているカメラ接点用ケーブルをカメラのFX接点に接続したのちストロボ装

置の“FUNCTION”スイッチを“SYNC. FLASH”に切換えるとストロボの発光が停止する。この状態でカメラのシャッターボタンを押すと観測したプロペラの状態が撮影できる。

6.11.2 斜流用プロペラ動力計

専用架台の上で、別に用意されている治具を用いて較正を行う。主プロペラ動力計と異なってメカニカル指示計はないので、ひずみ計の表示によって較正する。本動力計の較正用治具を、プロペラ軸が外されている本動力計に所定の方法で装着したのち、重錘皿に重錘をのせて、主プロペラ動力計の場合と同様にひずみ計の表示を“零”調整して、最大荷重を与えておいてスパン調整を行う。

本動力計を水槽へ設置する場合は、動力計本体を第1計測胴の上面の観測用窓ガラス2枚を外した窓枠にとりつけてから、電動機、プロペラ軸および整流板をとりつける(写真—6.10)。



写真—6.10

プロペラ軸を傾斜させるときはストロボ操作盤に付属しているスイッチ(鍵つき)によって行う。

アイドルトルクの測定およびプロペラの試験は主プロペラ動力計の方法に準じて行なう。ただし、回転速度の制御は中央操作盤の斜流/模型船用プロペラ動力計の可変抵抗器を調整して行う。

ストロボフラッシュによる観測およびカメラにより撮影する場合は、主プロペラ動力計の場合と同様に行う。ただし、ストロボ操作盤のストロボ同期用信号ケーブルは斜流/模型船用プロペラ動力計専用ケーブルを接続し、切換スイッチを“H-38/R-46”に切り換えなければならない。

6.11.3 模型船用プロペラ動力計

較正は円筒形をしたトルク、スラスト検出部のみを専用の較正台(K&R製、R-46型)に設置して、付

属した較正用治具をとりつけて重錘により行う。ひずみ計は斜流用プロペラ動力計と共用であり、その取扱いは全く同様である。

模型船用プロペラ動力計のとりつけは次に述べるように行う。

トルク、スラスト検出部と歯車機構部を結合して、模型船の船底にとりつけて、トルク、スラスト検出部の軸と模型船のプロペラ軸を接続する。つぎに、歯車機構部の駆動軸立ち上り部分が第2計測胴の上面矩形窓の一つの中央にくるように、模型船を第2計測胴の上部の蓋にとりつける。この状態で蓋を第2測定胴にとりつけたのち、駆動電動機を台座と共に矩形窓の窓枠に設置する。駆動軸の結合はスプライン軸方式であり容易にできる。

本動力計によるプロペラの試験方法は斜流用プロペラ動力計と同様である。

7. 試運転結果および計測部諸特性

7.1 概要

大型キャビテーション水槽の設置後に試運転を実施し、各機器の動作の確認および水槽の諸特性を調べた。試験項目は次の通りであり、このうち主要なものについて述べる。

(1) 第1計測部試運転

(1.1) 機器の作動試験

(1.1.1) 送流装置

インペラ駆動用電動機の単体作動試験
インペラ減速機およびインペラの作動試験

(1.1.2) 給排水装置

給水系作動試験
排水系作動試験

(1.1.3) 圧力調整装置

加圧系作動試験
減圧系作動試験

(1.2) 総合試験

(1.2.1) 漏洩試験

(1.2.2) 流速試験

(1.2.3) 流速分布試験

(1.2.4) 試験可能範囲測定試験

(1.3) プロペラ動力計作動試験

(1.3.1) 主プロペラ動力計

較正試験
無負荷試験

負荷試験

(1.3.2) 斜流用プロペラ動力計

較正試験

無負荷試験

負荷試験

(1.3.3) 2重反転プロペラ試験

(2) 第2計測部試運転

(2.1) 漏洩試験

(2.2) 流速試験

(2.3) 流速分布試験

(2.4) 試験可能範囲測定試験

(2.5) 模型船用プロペラ動力計作動試験

較正試験

無負荷試験

負荷試験

7.2 第1計測部試運転

7.2.1 漏洩試験

キャビテーション試験を行う場合、水槽内の圧力がある時間内、所定の値に保つ必要があり、漏洩による圧力変化の小さいことが望ましい。この漏洩量を調べるため加圧漏洩試験と減圧漏洩試験を行った。試験時に水槽内の水は回流させていない。

加圧漏洩試験では、計測部中心線上の圧力を 1470 mmHg (2 kg/cm² abs.) に設定したのち、オートバロメータにより圧力変化を測定した。その結果を図7.1に示す。圧力設定直後に急激な圧力降下が見られる。これは最初加圧によって圧力調整タンク内の空気の温度が上昇し、圧力設定後に圧力調整タンク内の水および胴壁を伝わって熱が逃げて空気の温度が下がり、このため圧力が低下したものと考えられる。安定状態となった後の圧力減少量は1時間に 6.4 mmHgであった。

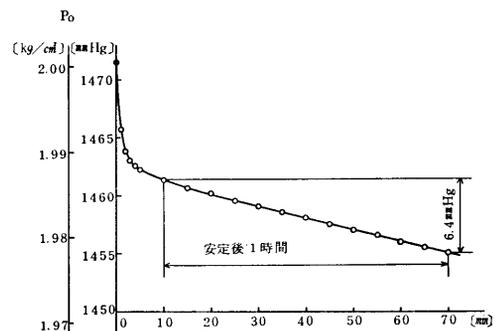


図7.1 加圧漏洩試験結果

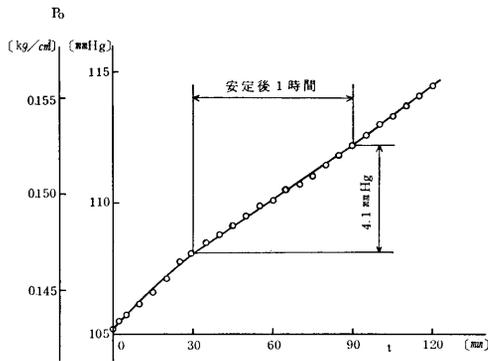


図-7.2 減圧漏洩試験結果

減圧漏洩試験では、計測部中心線上の圧力を 105.2 mmHg (0.14 kg/cm² abs.) に設定したのち、オートバロメータにより圧力上昇量を測定した。その結果を図-7.2 に示す。圧力設定直後に加圧時ほど大きくはないが同様な傾向の圧力上昇がみられた。安定状態となった後の圧力上昇量は 1 時間で 4.1 mmHg であった。この程度の圧力変化は実用上問題となるような量ではないと考えられる。

7.2.2 流速試験

主プロペラ動力計を上流側に、ウェークレーク軸を下流側に引き込み、縮流部内および計測部に何物も存在しない状態で、計測部中心線上の圧力を大気圧に等しく保ち、インペラの回転数を毎秒 2 回転毎に変化させて計測部における流速を測定した。流速 V_0 は縮流部の上流側および下流側に設けられた静圧孔の差圧をオートマンオメータにより計測し、次式により算出した。

$$V_0 = \sqrt{\frac{2g(\rho_{Hg} - \rho_w)H}{1000\rho_w\{1 - (D_0/D_1)^4\}}} = 0.5009\sqrt{H} \quad (\text{m/s})$$

- ここに、
- g = 重力の加速度
- ρ_{Hg} = 水銀の密度
- ρ_w = 水の密度
- D_1 = 縮流部上流側内径; 2.12 cm
- D_0 = 縮流部下流側内径; 75 cm
- H = オートマンオメータ指示値; mmHg

インペラ回転数と流速の関係を 図-7.3 に示す。

流速試験時にインペラ駆動用電動機の電機子の電流 $I(A)$ 、電圧 $E(V)$ も同時に測定した。これらをまた 図-7.3 に示す。图中、記号 p.f. は次式で定義される power factor で、キャピテーション水槽の効率を表わ

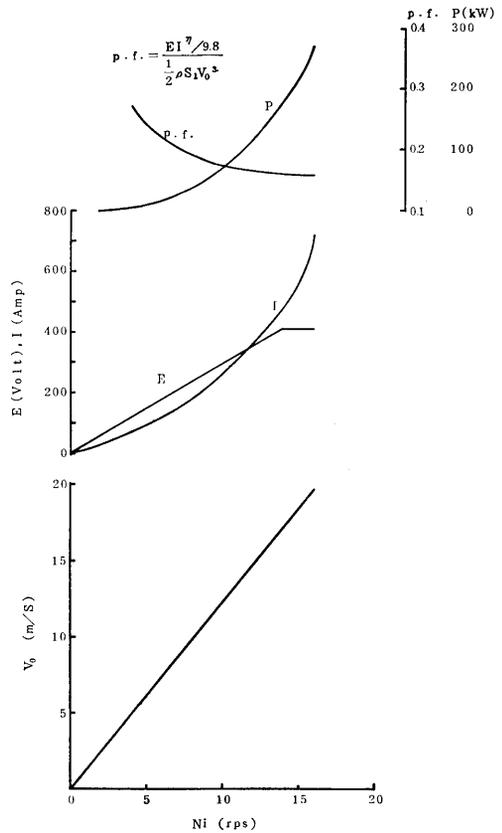


図-7.3 流速試験結果

すものである。

$$p.f. = \frac{P}{\frac{1}{2}\rho S V_0^3}$$

P = 電動機出力 = 電動機入力 × 電動機効率
 $= (EI/9.8) \times 0.93; (\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{sec}^{-1})$

ρ = 流体の密度; $(\text{kg}\cdot\text{sec}^2\cdot\text{m}^{-4})$

S = 計測部断面積; (m^2)

今回の試験で得られた最高流速はインペラ回転数が 16 rps の時に 19.73 m/sec であり、この時インペラ駆動電動機の電機子の電流は 705 A、電圧は 410 V、したがって p.f. は 0.159 であった。

インペラの最高回転数は 19.17 rps (1,150 rpm) であり、駆動電動機の出力にも余裕があるので、得られる最高流速はさらに大きくなると考えられたが、オートマンオメータの容量に余裕が無くなったため、これ以上の測定は行わなかった。

この他に最大流速時、インペラ駆動装置付近 (約 1

m 離れた個所)における騒音を計測したが、約 90 phone 程度であった。この時、計測部、支持部、インペラ胴および第3屈曲胴の振動も計測したが、片振幅で 2~3 μm であった。また、インペラ減速機の油温は 24°C、インペラ減速機の入力側軸受の温度は 46°C、出力側軸受の温度は 51°C、インペラ駆動用電動機の軸受温度は、減速機側で 18°C、その反対側で 24°C であり、いずれも正常な状態であった。

7.2.3 ウェークレーク校正試験

第1計測部における流速分布の測定には、プラントル型ピトー静圧管 14 本からなるウェークレークを用いて行う。このためウェークレークの校正試験を 400 m 水槽において行った。この校正試験のために特に製作したウェークレーク航走装置の概略を 図-7.4 と

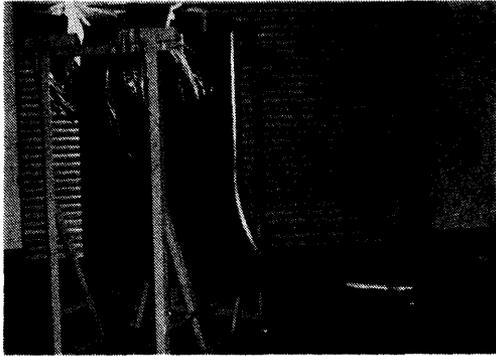


写真-7.1 ウェークレーク校正装置

写真-7.1 に示す。動圧の測定には 14 連の水銀マンメータを使用した。

試験は、速度が 2~6 m/sec の範囲で行い、ピトー管係数を求めた。ピトー管係数は高速域ではほぼ一定となるが、低速では水銀マンメータの読みとり精度の問題でかなりばらつきがみられる。高速度域のデータより決定したピトー管係数を 表-7.1 に示す。

ピトー管係数 k は次の定義による。

$$k = V_o / V_p$$

表-7.1 ピトー管係数

ピトー管番号	ピトー管半径位置 (m/m)	ピトー管係数
1	276	1,014
14	242	1,020
2	211	1,020
13	183	1,019
3	158	1,026
12	135	1,026
4	114	1,024
11	95	1,023
5	78	1,030
10	63	1,036
6	49	1,030
9	36	1,030
7	24	1,031
8	12	1,025

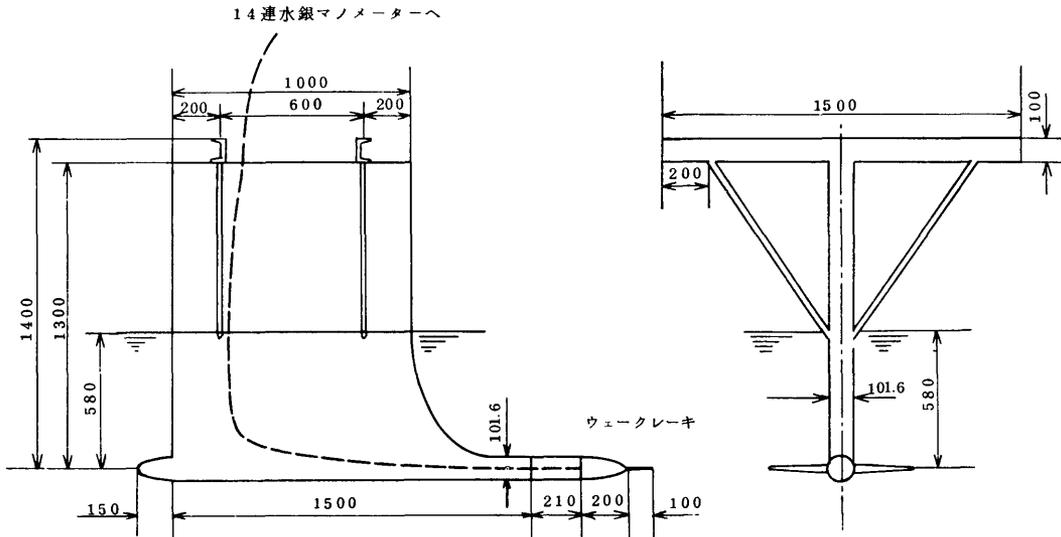


図-7.4 ウェークレーク校正装置

V_p = マノメータ水銀柱のヘッド差 h_{Hg} より求まる
見掛けの速度

$$V_p = \sqrt{2g \left(\frac{\rho_{Hg}}{\rho_w} - 1 \right) h_{Hg}}$$

V_0 = 曳引車の対地速度

7.2.4 流速分布の測定試験

第1計測部における流れの均一性を調べるため、前節で述べた方法により較正されたウェークレークを用いて流速分布を測定した。この試験では、測定位置、流速および主プロペラ動力計の位置をいくつか変えて計測を行った。試験内容を表-7.2に示す。 L_a は主プロペラ動力計のベッドに取り付けられているスケールの目盛りの読みであり、 $L_a=0.7$ m の時に主プロペラ動力計プロペラ軸端が計測部上流側観測窓の中央(標準位置)にあることを示し、 L_a が大きくなれば主プロペラ動力計が上流側に移動することを示す。

表-7.2 流速分布試験内容

L_a \ L_w	上流側	下流側
		0.330 m
1.4 m	—	6.0 m/s
2.5 m	7.5 m/s	6.0 m/s
	6.0 m/s	
	3.5 m/s	
3.3 m	6.0 m/s	6.0 m/s

L_w はウェークレークのラック (6.7 参照) に取り付けられたスケールの目盛りの読みであり、 $L_w=0.33$ m は計測部上流側の観測窓の中央の、 $L_w=1.452$ m は下流側観測窓の中央の点を計測することを示す。

ベンチリー管方式により計測した流速 V_0 が 6 m/sec, L_a が 2.5 m の時の、上流側観測窓中央における垂直位置と水平位置の半径方向の流速分布を 図-7.5 に、また代表的半径位置の円周方向の流速分布を 図-7.6 に示す。これらの図中、 \bar{V} は常用の模型プロペラの 0.7 R に相当する No. 4 ピトー管の位置の円周方向の平均流速を、 v は各点の流速を示し、また記号 \bigcirc は計測値を、実線はこれらの計測値を半径方向と円周方向で cross fairing して求めた平均線を示す。

また、これらの線より求めた等速線図を 図-7.7 に示す。中心部に比較的流速の遅い領域が存在するが、これは主プロペラ動力計のプロペラ軸スリーブおよびこれを支える軸受からの伴流によるのと考えられる。

この領域を除けば、計測部内の流速分布はかなり良い均一性を示している。

$L_a=2.5$ m, $V_0=6$ m/sec の時の下流側観測窓の中央における流速分布(等速線図)を 図-7.8 に示すが 図-7.7 と比較して均一性がさらに良くなっている。

図-7.9 に上流側および下流側の半径方向の流速分布を比較して示すが、中央部における流速の低下量は下流側の方が少ないことが分る。

上流側観測窓の中央 ($L_w=0.33$ m, $L_a=3.3$ m) にお

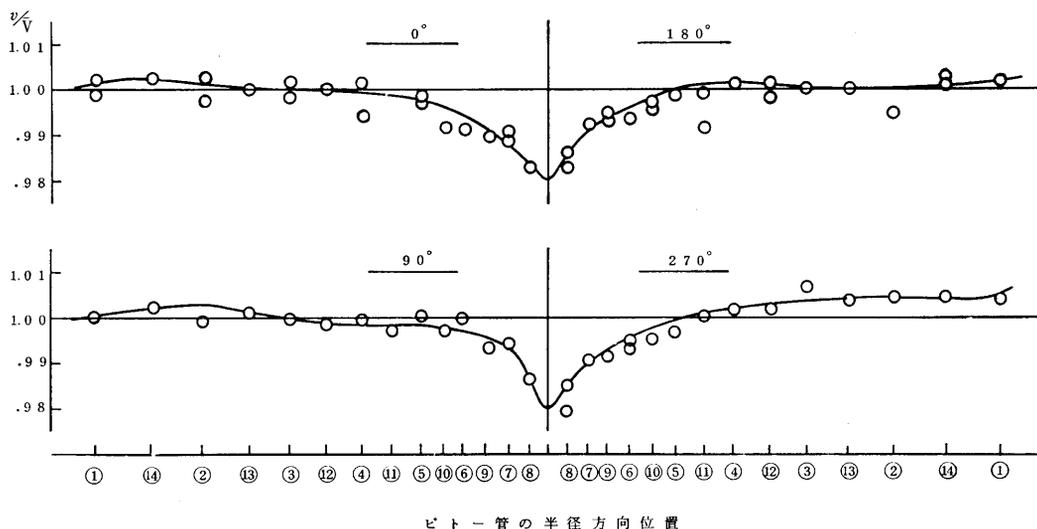
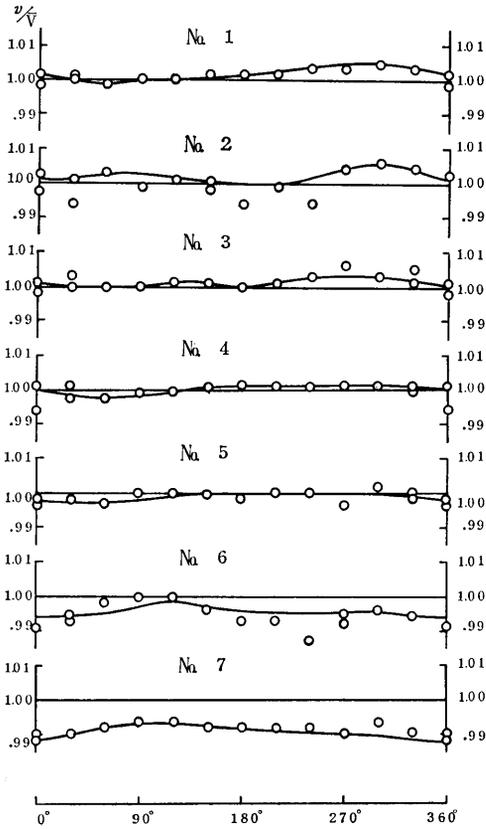
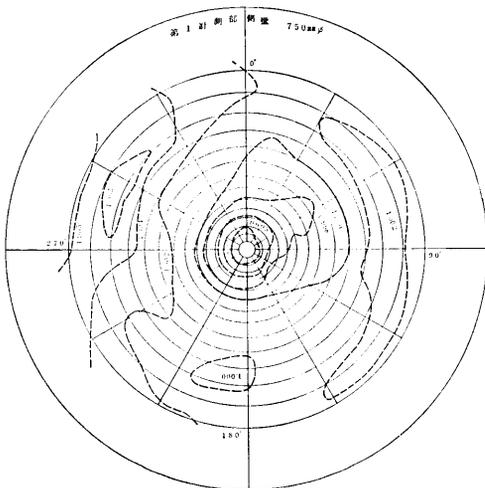


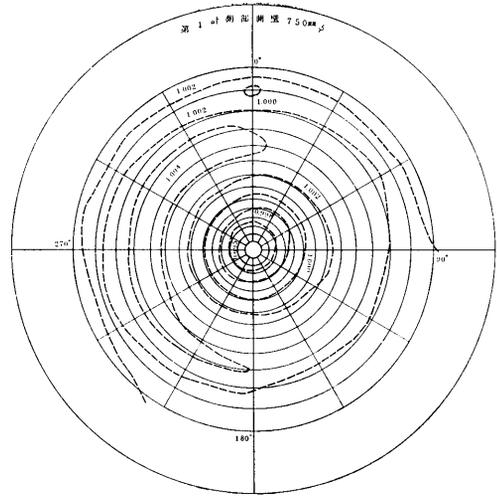
図-7.5 上流側観測窓中央の半径方向流速分布



図—7.6 上流側観測窓中央の円周方向流速分布



図—7.7 上流側観測窓中央の等速線図



図—7.8 下流側観測窓中央の等速線図

ける流速分布が設定流速によりどのような影響を受けるかを調べ、その結果を 図—7.10 に示す。設定流速が大きいかほど中心部における流速の相対的低下量が小さいことが分る。

また、主プロペラ動力計のプロペラ軸スリーブの位置によって、流速分布がどのように変化するかを調べ、その結果を 図—7.11 および 図—7.12 に示す。図—7.11 は L_a が 2.5 m と 3.3 m の時の上流側の、図—7.12 は L_a が 2.5 m と 1.4 m の時の下流側の観測窓の中央における半径方向の流速分布を示す。これらより、プロペラ軸が下流側に移ってくるに従って、計測部の中心部における流速の低下量が大きくなることが分る。

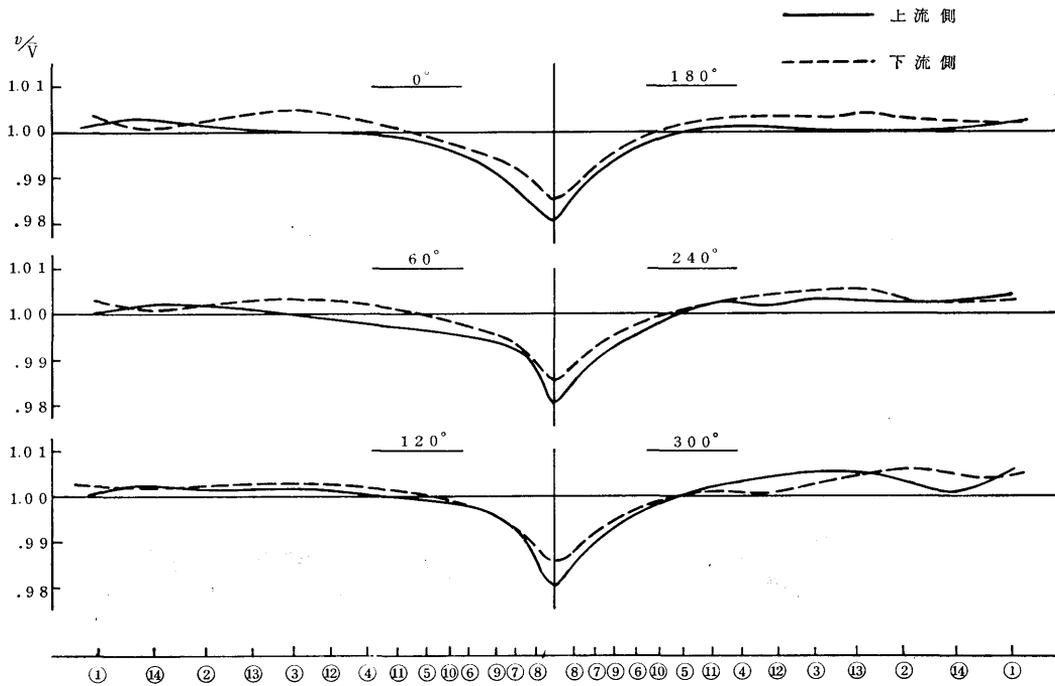
7.2.5 試験可能範囲の測定試験

本水槽の諸仕様の範囲および物理的条件により、計測部において設定し得る流速と圧力は、自ずと限定されることになる。そこで、下記の要領で、第1計測部における試験可能範囲を調べた。

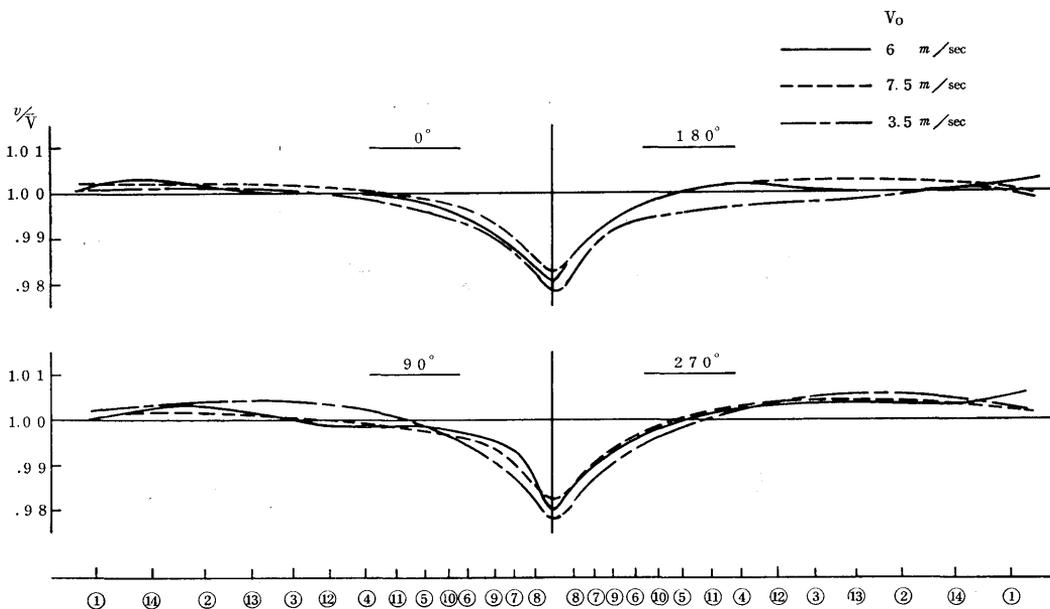
(1) コンテナタンク内の圧力 p_0 を設計上限値の 2.5 kg/cm² abs. および下限値の 0.05 kg/cm² にそれぞれ一定に保ち、流速を変化させたときの計測部中心線上の圧力 p_0 の変化を測定し、 p_0 の上限および下限を求めた。なお、圧力調整タンクを大気開放し、同様に p_0 の変化も求めた。

(2) キャピテーション係数 σ_0 の設計最小値である 0.2 が得られることを確認した。

これら 2 種類の試験結果を 図—7.13 に示す。図中



ピトー管の半径方向位置
 図-7.9 半径方向流速分布の比較



ピトー管の半径方向位置
 図-7.10 流速分布におよぼす速度の影響

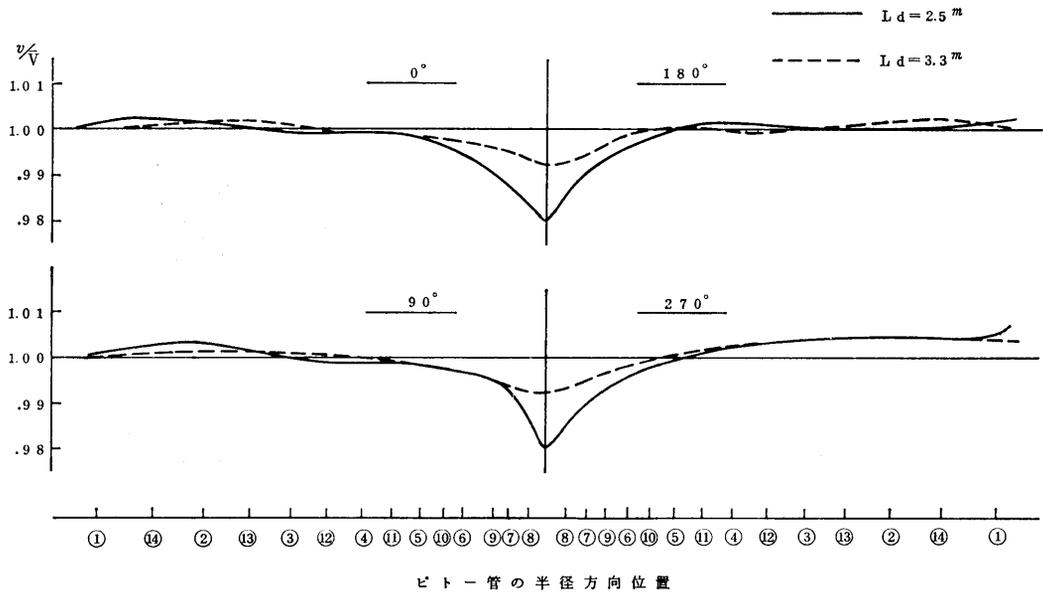


図-7.11 動力計位置の流速分布におよぼす影響（上流側観測窓中央）

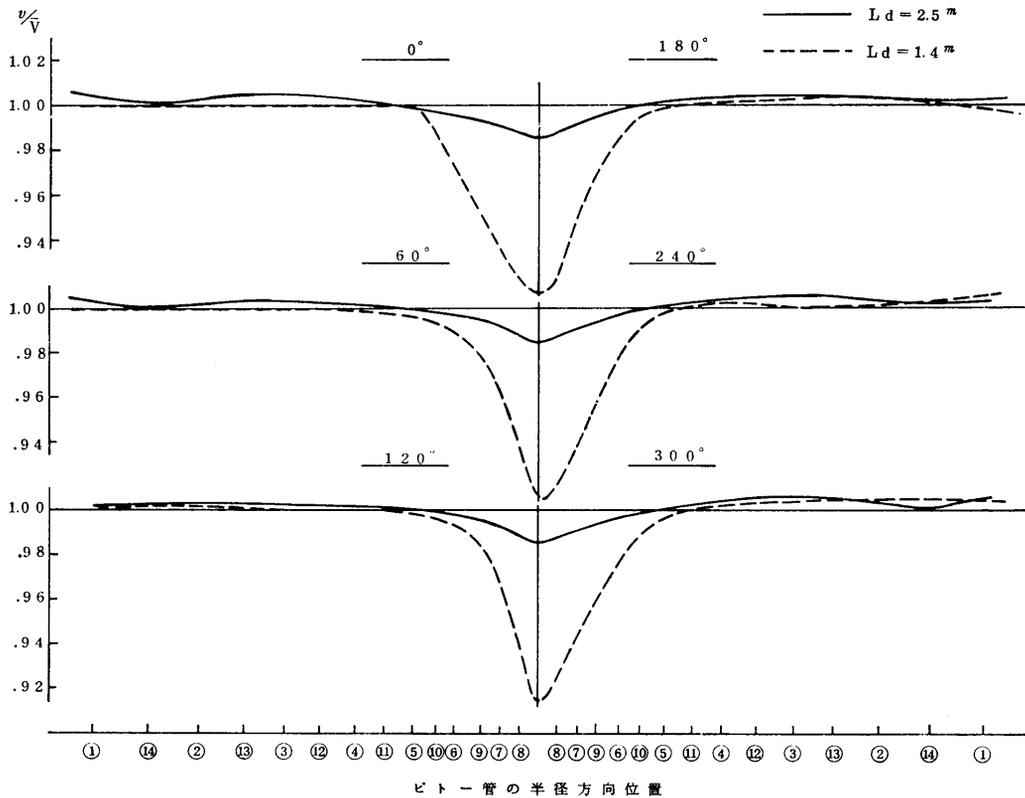


図-7.12 動力計位置の流速分布におよぼす影響（下流側観測窓中央）

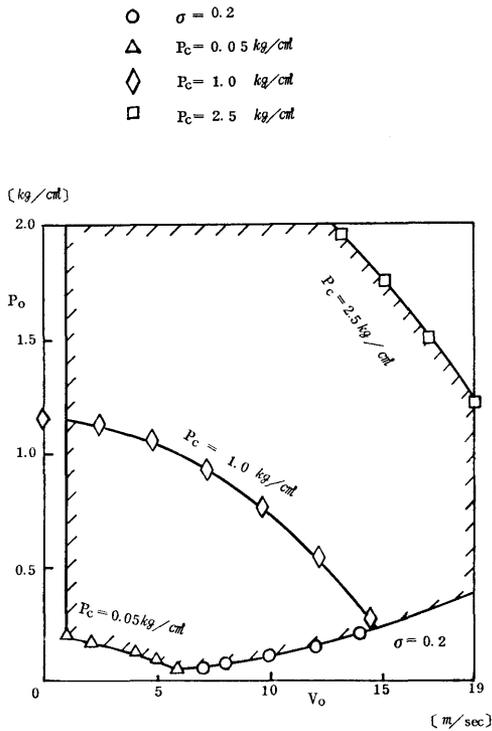


図-7.13 試験可能範囲

の記号は実験点を表わし、ハッチングした領域が試験可能範囲である。

圧力調整タンク内の圧力が 2.5 kg/cm² abs. の試験時、流速の速い時にコンテナタンクから水槽へ空気の吸い込みが生じたため、第1および第4屈曲胴の上部の空気抜ききのドームの弁を閉じて試験を行った。

7.2.6 主プロペラ動力計較正および無負荷試験

トルクの較正試験では、スラストとして 0 および 300 kg の静荷重を加えた状態で、トルクの天秤皿に 20, 40, 50 Kg の重錘を載せ (レバー比が 3:5 であるので、それぞれ 12, 24, 30 kg-m のトルクに対応する)、この実荷重に対するメカニカル指示計および抵抗線歪計 (S.G.T.) により検出され、デジタル計測盤に表示されたトルクの指示値を記録した。

較正は正および負トルクの両方について行ったが、トルクは模型プロペラ側から動力計をみて反時計回りの方向を正、時計回りの方向を負トルクとした。図-7.14 にスラスト 0 の状態の、図-7.15 にスラスト 300 kg の状態のトルクの実荷重と指示値との差を示す ($\Delta T = T$ 指示値 - T 実荷重, ΔQ についても同様で、以後、すべてこの定義による)。この差はいずれも

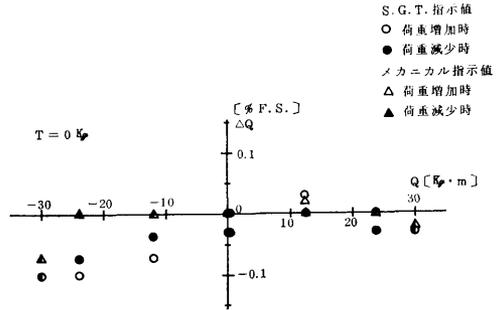


図-7.14 主プロペラ動力計トルク較正試験結果 (T=0 kg)

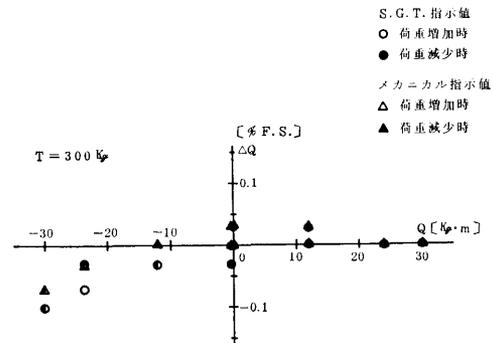


図-7.15 主プロペラ動力計トルク較正試験結果 (T=300 kg)

Full Scale (以下 F.S. と記す) の±0.2% の精度内に入っている。

スラストの較正試験では、トルクとして 0 および 15 kg-m の静荷重を加えた状態で、スラストの天秤皿に 100, 200, 300 Kg の重錘を載せ (レバー比が 2:1 であるので、それぞれ 200, 400, 600 kg のスラストに対応する)、この実荷重に対する指示値を記録した。

スラストの方向は、模型プロペラから主プロペラ動力計への方向を正とした。図-7.16 にトルク 0 の状態の、図-7.17 にトルク 15 kg-m の状態のスラストの実荷重と指示値との差を示すが、いずれも F.S. の±0.2% の精度内に入っている。

無負荷試験では、動力計のプロペラ軸にアイドル試験用のボスを取りつけ、計測部に水のない時には水を満たした直径 220 mm の合成樹脂製の円筒内で、計測部に水のある場合は水の回流していない計測部内の両方において回転させ、それぞれアイドルトルク ΔQ を測定した。回転方向は正負両方向 (模型プロペラ側から動力計を見て時計回転方向を正とした) とし、回転数 4, 18, 32, 46 および 60 rps について計測した。

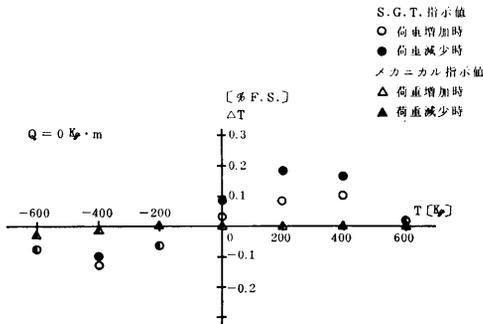


図-7.16 主プロペラ動力計トルスト校正試験結果 (Q=0 kg-m)

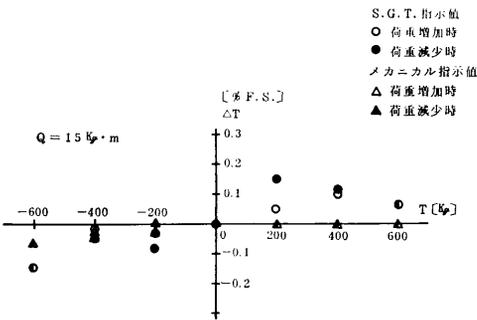


図-7.17 主プロペラ動力計トルスト校正試験結果 (Q=15 kg-m)

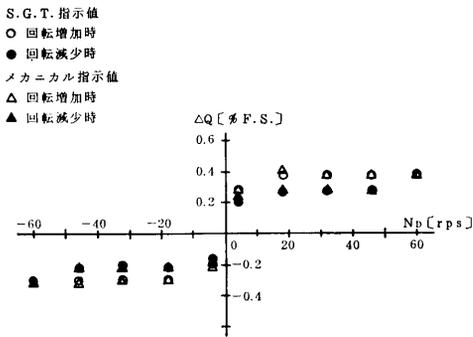


図-7.18 主プロペラ動力計無負荷試験結果

計測部内での試験結果を 図-7.18 に示す。円筒内での試験結果も計測部内での試験結果とほとんど同じ値と傾向を示し、アイドルトルクの最大値はいずれも F.S. の $\pm 0.4\%$ 程度であった。

7.2.7 斜流用プロペラ動力計校正および無負荷試験

斜流用プロペラ動力計の校正試験は主プロペラ動力計の校正試験と同様な手順で行った。

トルク校正試験では、スラストとして 0 および 100 kg の静荷重が加わった状態で、1, 2, 5, 10 および 12 kg-m のトルクに対応した実荷重を加え、その時のトルクの指示値を記録し、実荷重との差を求めた。試験結果を 図-7.19 に示すが、いずれも F.S. の $\pm 0.3\%$ の精度内に入っている。

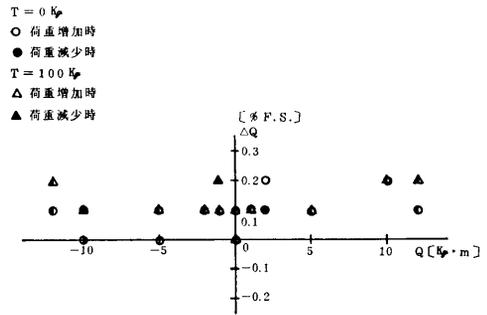


図-7.19 斜流用プロペラ動力計トルク校正試験結果

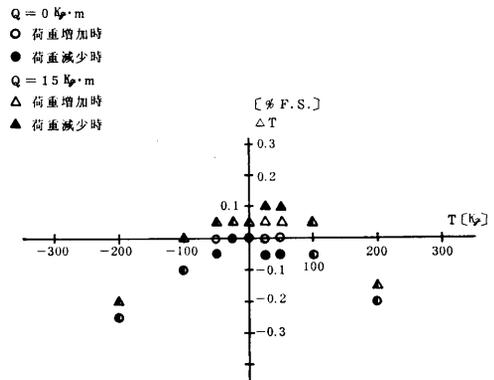


図-7.20 斜流用プロペラ動力計スラスト校正試験結果

スラストの校正試験では、トルクとして 0 および 5 kg-m の精荷重が加わった状態で、25, 50, 75, 100, 200 および 250 kg のスラストに対応する実荷重を加え、その時のスラストの指示値を記録し、実荷重との差を求めた。試験結果を 図-7.20 に示すが、いずれも F.S. の $\pm 0.3\%$ 精度内に入っている。

なお、トルクは、模型プロペラ側より動力計を見て時計廻り方向を正、スラストの方向は、動力計側より模型プロペラへの方向を正とした。

無負荷試験は主プロペラ動力計の無負荷試験と同様な手順で行った。計測部内での試験結果を 図-7.21

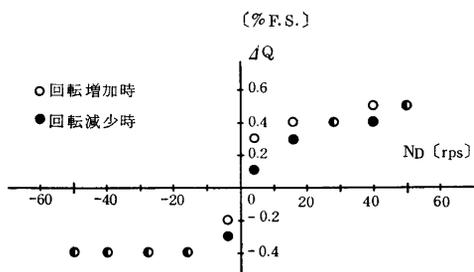


図-7.21 斜流用プロペラ動力計無負荷試験結果

に示す。円筒内と計測部内の試験結果はほとんど変わらず、アイドルトルクの最大値はいずれも F.S. の ±0.5% 程度であった。

7.2.8 2重反転プロペラ無負荷試験

本水槽は主プロペラ動力計と斜流用プロペラ動力計を併用することにより2重反転プロペラおよびタンデムプロペラの実験を行うことが可能である。本試験では両プロペラ動力計の同期運動が可能であることを確認した。本試験は以下に述べる手順で行った。

主プロペラ動力計および斜流用プロペラ動力計のプロペラ軸端部にそれぞれ2重反転プロペラ用のブッシュとボスを取り付け、両動力計をプロペラ軸心を一致させて組合せた。最初に主プロペラ動力計駆動電動機

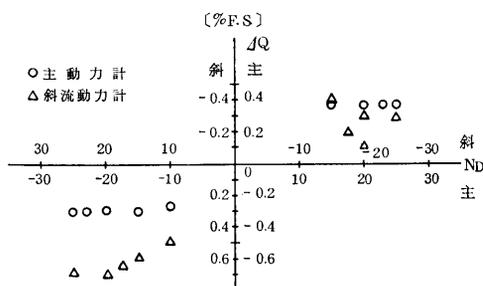


図-7.22 2重反転プロペラ無負荷試験結果 (トルク)

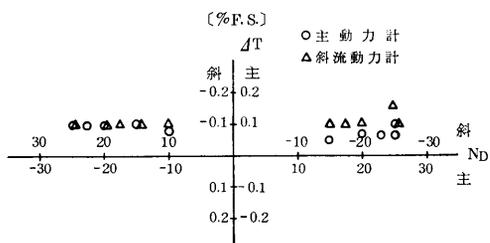


図-7.23 2重反転プロペラ無負荷試験結果 (スラスト)

を起動させ、回転速度をある値に設定し、その後、斜流用プロペラ動力計駆動電動機を起動させ、回転速度を主プロペラ動力計の設定速度に一致させ、ストロボスコープを用いて、両動力計の回転速度が同期することを目視により確認した。また、同時に両動力計のアイドルトルクおよびスラストを計測した。その結果を図-7.22および図-7.23に示す。アイドルトルクおよびスラストともに小さな値であり、2重反転プロペラおよびタンデムプロペラの実験が支障なく行い得ることを確認した。

7.2.9 主プロペラ動力計および斜流用プロペラ動力計負荷試験

主プロペラ動力計および斜流用プロペラ動力計の負荷試験として、模型プロペラ M.P. No. 0111 について均一流中におけるプロペラ単独試験を行った。表一

表-7.3 M.P. No. 0111 主要目

直径	300.0 mm
ボス比	0.200
ピッチ比	1.000
展開面積比	0.600
最大翼幅比	0.344
翼厚比	0.05
レーキ角	0°
翼数	4
I.T.T.C. Standard	

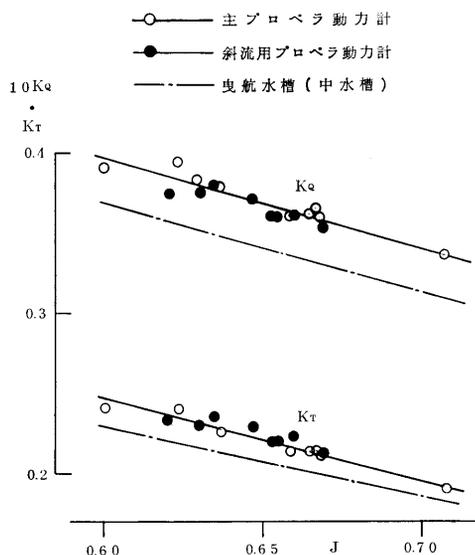


図-7.24 主および斜流用プロペラ動力計負荷試験結果

7.3 に M. P. No. 0111 の主要目を, 図-7.24 に試験結果を曳航水槽(中水槽)におけるプロペラ単独試験結果とともに示す。

曳航水槽での試験では, プロペラ回転数を一定とし, プロペラ前進速度を変えて前進係数を変化させたが, キャピテーション水槽での試験では, スリップ比 30~40% に対応した前進係数の範囲について, プロペラの回転数および前進速度の両方を変化させ, 種々の負荷状態で試験を行った。

実験点に比較的大きなばらつきがみられるが, いずれも動力計の精度内のばらつきであり, 両動力計により, ほぼ一致した結果が得られたといえる。

曳航水槽の試験結果と異なるのは, キャピテーション水槽の側壁影響によるもので, 図示しなかったが, この影響を Wood & Harris の方法 (Wood, R. McK., and Harris, R. G. "Some Notes on the Theory of an Airscrew Working in a Wind Channel", A.R.C., R and M. No. 662, London 1920) で修正してみると, 試験した J の範囲では K_T はよく一致したが K_Q にはキャピテーション水槽の試験で通常みられるように多少の差があった。

7.3 第2計測部試運転

7.3.1 漏洩試験

第2計測部についても, 第1計測部と同様に加圧および減圧漏洩試験を行った。

第2計測部の基準圧力は, 第1計測部中心線に相当する高さの圧力で表示される。したがって第2計測部内の模型船のプロペラ軸中心線上の圧力は, オートバロメータの指示値より, 第1計測部中心線高さと同様に模型船プロペラ軸中心線高さとの差に相当する水頭分を修正してやる必要がある。

加圧漏洩試験では, 計測部の基準圧力(オートバロメータの指示値)を 1,470 mmHg (2 kg/cm² abs) に設定したのち, 圧力変化量を測定した。その結果を図-7.25 に示す。第1計測部の試験と同様に圧力設定後に大きな圧力降下があり, その後, 時間に対して一定の圧力減少がみられ, その量は1時間に 5.5 mmHg であった。

減圧漏洩試験では, 計測部の基準圧力を 165.9 mm-Hg (0.226 kg/cm²) に設定し, その後の圧力上昇量を測定した。その結果を図-7.26 に示すが, 圧力上昇量は1時間に 6.7 mmHg であった。

第2計測部の圧力変化量は第1計測部における値と大差はなく実用上問題とはならない。

(44)

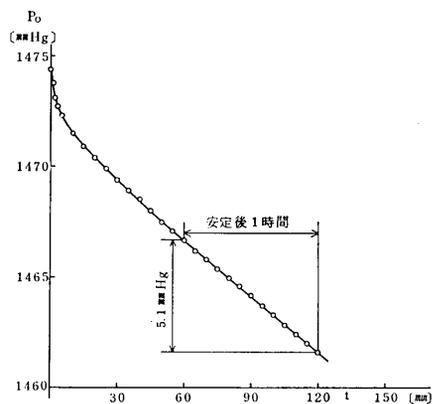


図-7.25 加圧漏洩試験結果

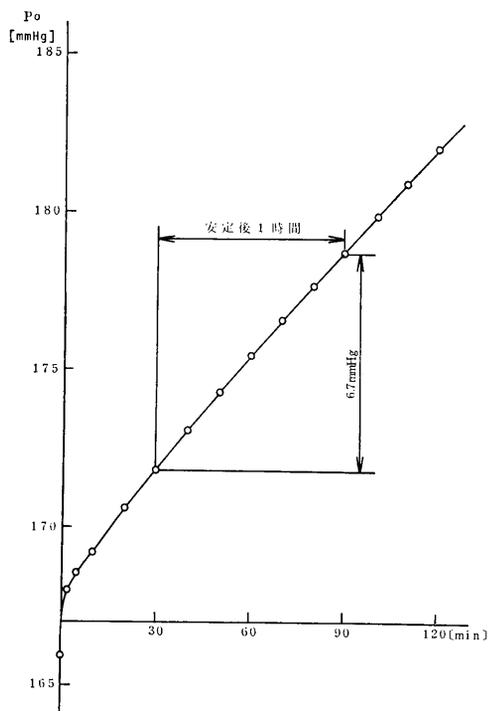


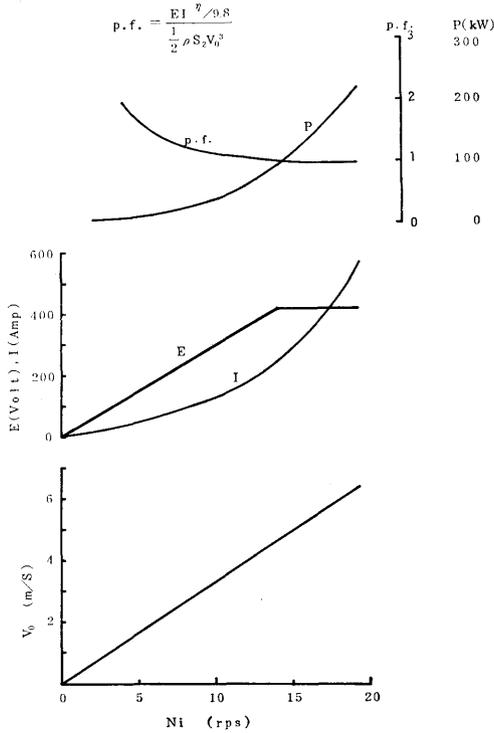
図-7.26 減圧漏洩試験結果

7.3.2 流速試験

計測部の基準圧力を大気圧に等しく保った状態で, 第2計測部における流速とインペラ回転数の関係を求めた。

この試験での流速の測定はベンチュリー方式の他にピトー静圧管も用いて行った。ピトー静圧管は, 計測部中心線上で, 縮流部下流端より 3.4 m 下流の計測部蓋の内面より 27 cm 下方の位置に取りつけた。

試験結果を 図—7.27 に示す。インペラ最高回転数 19.17 rps (1,150 rpm) の時、最高流速としてベンチュリ方式で 6.4 m/sec (ピトー静圧管で 6.5 m/sec) の値が得られた。この時、インペラ駆動電動機の電機子の電流は 550 A、電圧は 420 V、したがって p.f.=0.932 であった。



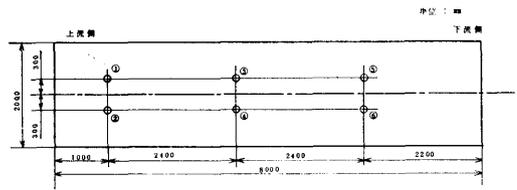
図—7.27 流速試験結果

7.3.3 流速分布の測定試験

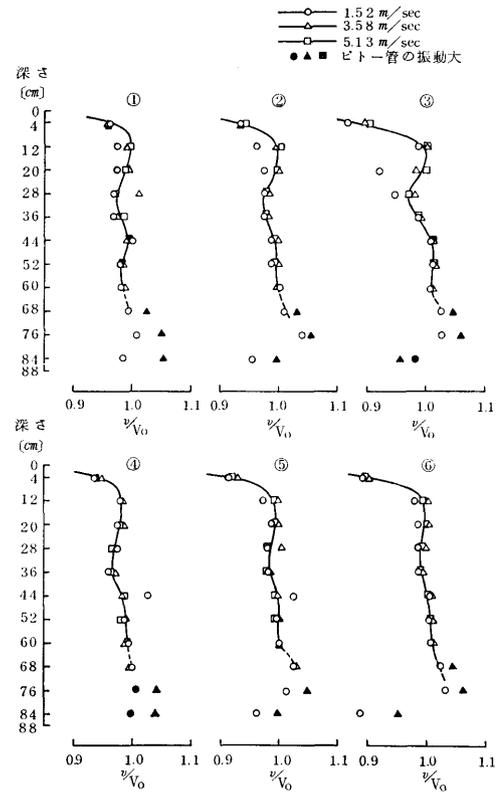
第 2 計測部内の流れの均一性を調べるため、1本のピトー静圧管をトラバースさせて流速分布を測定した。

ピトー静圧管は中空円柱状の支柱の先端にとりつけられており、この支柱を計測部蓋上面の模型船取り付け用のボルト穴より計測部に挿入し、固定した。動圧の測定は四臭化エタンマンノメータで行った。

計測位置は 図—7.28 に示すように、流れ方向に 3 箇所、横方向に 2 箇所、合計 6 箇所、各個所で高さ方向に 11 点の計測を行った。基準となる平均流速 V_0 はベンチュリ方式により計算し、1.52, 3.58, 5.13 m/sec の 3 流速について調査した。この時、コンテナタンク内の圧力は大気圧とした。



図—7.28 流速分布測定位置



図—7.29 流速分布図

流速分布の測定結果を 図—7.29 に示す。平均流速の変化による流速分布の変化はほとんどないが、ピトー静圧管が計測部蓋内面より下方へ 600~700 mm 以上の位置にくると、支柱の撓みと振動が、特に流速の速いときに大きくなり、この影響が測定値に多少現われている。また、計測部の下側の流速は上側の流速より多少大きくなっている。境界層の影響の大きい壁面近くを除くと、流速の高さ方向の均一度は平均流速の ±2% 以内であり、測定点の流れ方向の位置の変化の影響は小さく、測定位置の左右での差違はほとんどみられなかった。

7.3.4 試験可能範囲の測定試験

本試験は、第1計測部の試験可能範囲の測定試験と異なり、各流速において計測部内の圧力をどこまで下げることができるかを調べた。この時、水槽内の水の空気含有率はほぼ100%とした。

試験結果を図-7.30に示す。図中、ハッチングした領域が流れの中に気泡は見えるが観測は十分できると思われる状態に対応する。また、計測部において得られる最低圧力をも示した。

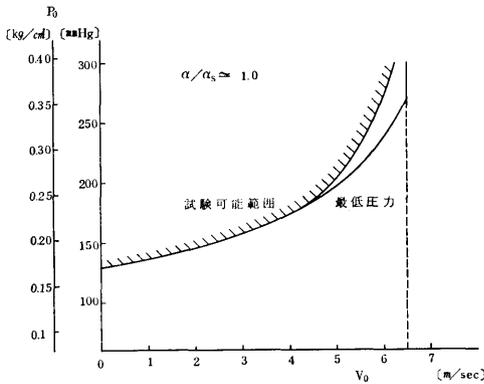


図-7.30 試験可能範囲

7.3.5 模型船用プロペラ動力計較正 および 無負荷試験

本較正試験では、動力計のトルク、スラスト検出部のみを専用架台上に設置して行った。

トルクの較正試験では、スラストが0の状態では、1, 2, 3 および 4 kg-m のトルクに対応した実荷重を加え、この時のトルクの指示値を記録した。トルクは模型プロペラ側から動力計を見て、反時計廻り方向を正とした。試験結果としてトルクの実荷重と指示値との差を図-7.31に示すが、この差はF.S.の±0.3%

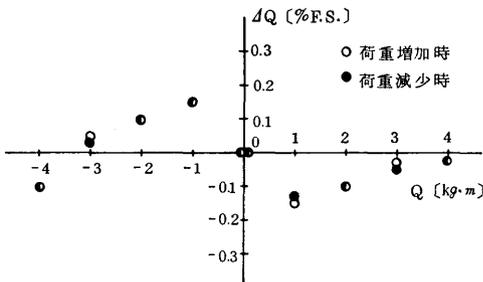


図-7.31 模型船用プロペラ動力計トルク較正試験結果

の精度内に入っている。

スラストの較正試験では、トルクが0の状態では、20, 35, 50 および 70 kg のスラストに対応する実荷重を加え、この時の指示値を記録した。スラストの方向はプロペラ側より動力計への方向を正とした。試験結果としてスラストの実荷重と指示値の差を図-7.32に示すが、この差はF.S.の±0.3%の精度内に入っている。

無負荷試験では、床上でプロペラ軸端部にアイドル試験用のボスを取りつけ、水を満たした直径110mmの合成樹脂製の円筒内で回転させてアイドルトルクを測定した。アイドルトルクの最大値はF.S.の0.05%であった。

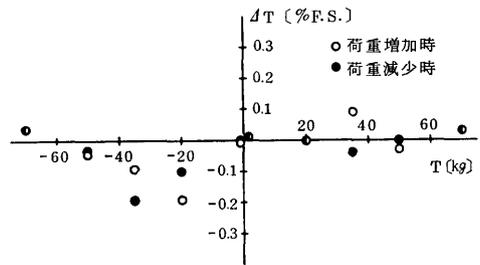


図-7.32 模型船用プロペラ動力計スラスト較正試験結果

7.3.6 模型船用プロペラ動力計負荷試験

模型船用プロペラ動力計の負荷試験として、模型船船尾でのプロペラ特性の測定試験を行った。

使用した模型船は垂線間長さ6.96mの一軸コンテナ船の木製模型(M.S. No. 0234), 模型プロペラ(M.P. No. 0092)は直径25cm, 5翼プロペラで、それらの主要目を表-7.4および表-7.5に示す。

試験は、インペラ回転数を一定に保ち(流速一定)、プロペラ回転数を変えて、プロペラ前進係数を変化させた。試験は、ベンチュリ方式により求めた流速Voが、2.4 m/sec (本模型船の満載時定格速力), 3.4, 4.4 および 5.1 m/sec の4流速について行い、プロペラ特

表-7.4 M.S. No. 0234 主要目

垂線間長さ L_{pp}	6.960 m
幅 B	1.009 m
喫水 d	0.436 m
L_{pp}/B	6.90
B/d	2.32
C_B	0.611

表-7.5 M.P. No. 0092 主要目

直 径	250.0 mm
ボ ス 比	0.180
ピ ッ チ 比	1.000
展 開 面 積 比	0.650
最 大 翼 幅 比	0.294
翼 厚 比	0.050
レ ー キ 角	10°
翼 数	5
翼 断 面 形 状	MAU

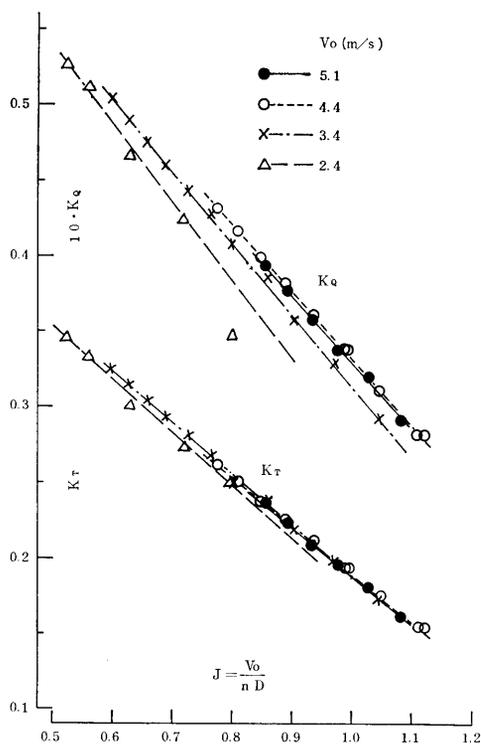


図-7.33 模型船用プロペラ動力計負荷試験結果

性におよぼす流速の影響を調べた。

試験結果を図-7.33に示す。図の横軸は、 V_0 を基にした前進係数 J になっている。スラスト係数に対する流速の影響はそれほど大きくなく、プロペラ面内の平均伴流は流速によってあまり変化していないことが判る。トルク係数に対しては流速の影響が大きく現われており、流速の大きな場合はほぼ一本の特性曲線にまとまるが、流速の小さい場合は、かなり低い特性曲線が得られた。

図-7.33の中には、均一流中および不均一流中の

プロペラ特性の問題、伴流分布およびプロペラ特性に対するレイノルズ数の影響ならびに側壁影響の問題などが含まれており、キャビテーション性能と併せてこれらの問題は今後の大きな研究課題である。

7.4 キャビテーション試験例

試運転完了後、いくつかのプロペラキャビテーション試験を実施したので、代表的なものを写真-7.2~7.4に示す。

写真-7.2は第1計測部における超高速コンテナ船用のプロペラの均一流場におけるキャビテーション試験結果の一例で、プロペラ翼背面上に比較的定常なシートキャビテーションが発生し、その後端より一定ピッチの太いチップボルトテックスキャビテーションが出ている。

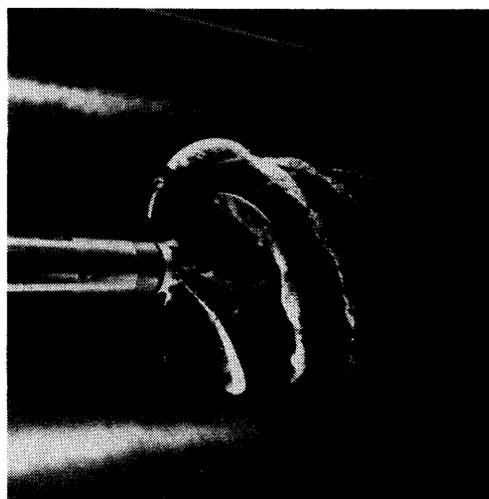


写真-7.2 均一流中のキャビテーション試験
 $J=0.9, \sigma_0=3$

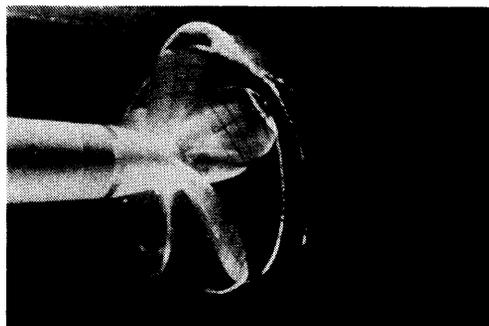
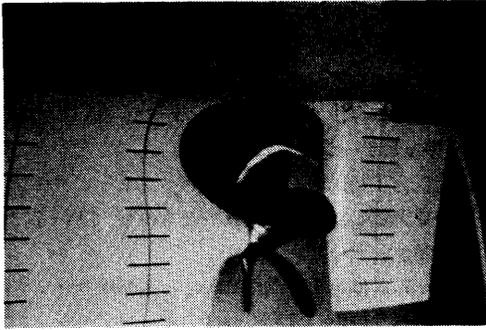


写真-7.3 不均一流中のキャビテーション試験
 $K_T=0.194, \sigma_n=1.84$



写真一7.4 模型船船尾のキャビテーション試験
 $K_T=0.193$, $\sigma_n=2.19$

写真一7.3は、第1計測部におけるワイヤメッシュスクリーンによる不均一流場中のキャビテーション試験結果の1例で、プロペラは大型タンカ用のものである。均一流場の場合と異なり、翼背面上のキャビテーションはかなり非正常なもので、一回転中のプロペラ翼の位置によって翼面上のキャビテーションのパターンが異なり、またチップボルテックスも変形している。

写真一7.4は、第2計測部における長さ7mの高速コンテナ船模型の船尾におけるキャビテーション試験結果の1例で、翼背面上に発生したシートキャビテーションの様子はワイヤメッシュスクリーンによる不均一流場中のシートキャビテーションとは異なり、かなり泡だったシートキャビテーションとなっている。

8. 結 言

以上述べたように、本水槽は予算的な制約もあって周辺機器の面で不十分なところもあるが、大型、高速であるばかりではなく、模型船々尾での試験が可能であるという大きな特長を有するものである。したがって、キャビテーション現象の解明ばかりでなく、キャビテーションを発生しているプロペラの起振力による船体振動、騒音等の研究のほかに新しい分野の研究を行う場合の有力な施設となるものである。

最後に、本水槽建屋の設計、建設監督にあられた建設省関東地方建設局の方々、建設に御指導、御鞭撻をいただいた船舶技術研究所山内保文元所長、濱田昇前所長、安藤文隆現所長、横尾幸一前推進性能部長をはじめ、御援助、御協力をいただいた所内、所外の多くの方々に深甚な謝意を表します。

なお、本水槽建設の主な工事を担当された次の各社の方々にも厚くお礼申し上げます。

建 屋；大木建設(株)、(株)協和電気商会、山崎工業(株)、石川島播磨重工業(株)。

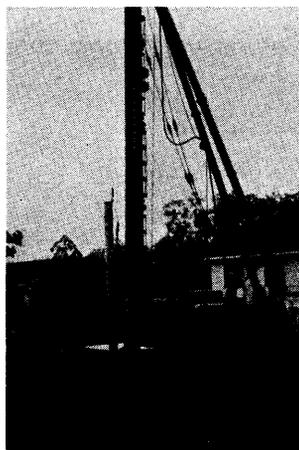
試 験 水 槽；三菱重工業(株)〔協力会社〕；三菱商事(株)、Kempf & Remmers 社、三菱電機(株)、宮地建設(株)、三光設備(株)。

受変電設備；(株)明電舎。

〔付 録〕



写真一A.1 掘 削



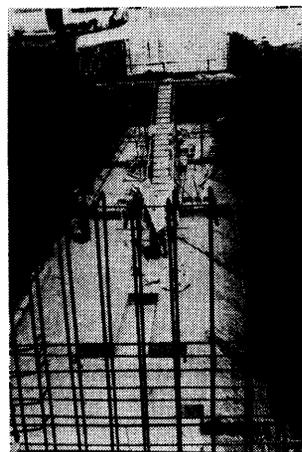
写真一A.2 杭打ち



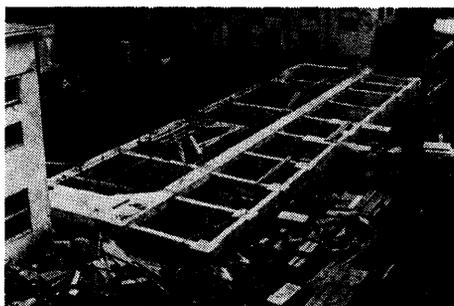
写真一A.3 捨てコン打ち



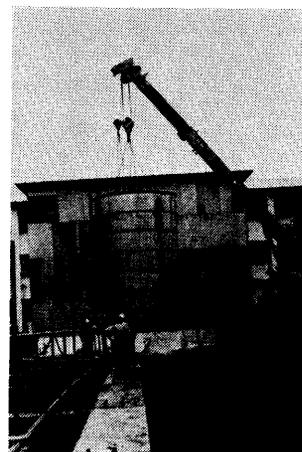
写真一A.4 配 筋



写真一A.5 底盤コンクリート打ち



写真一A.6 建屋基礎



写真一A.7 貯水タンク搬入



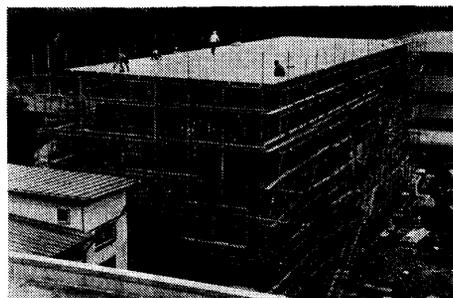
写真一A.8 鉄骨組み



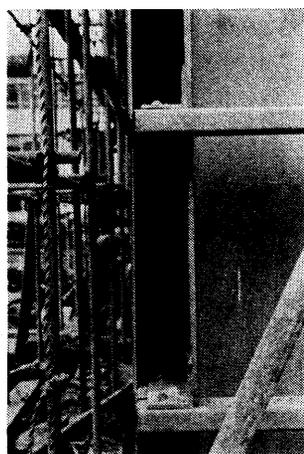
写真一A.9 2階床打ち



写真一A.10 1階レール基礎



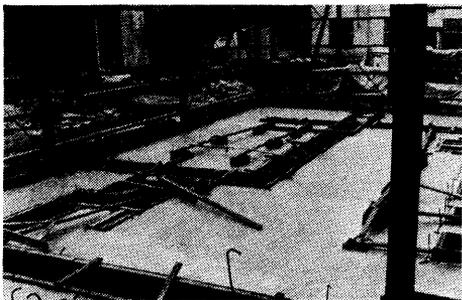
写真一A.11 屋根張り



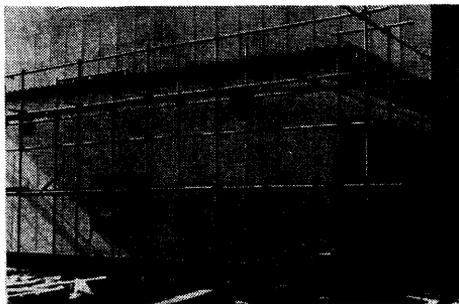
写真一A.12 内, 外壁



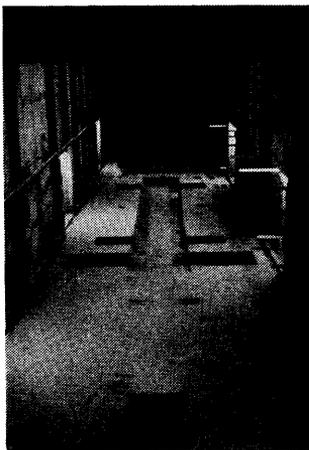
写真一A.13 電気室基礎



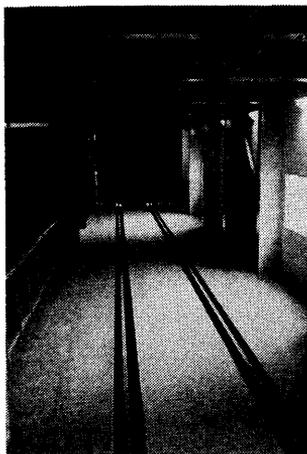
写真一A.14 電気室床打ち



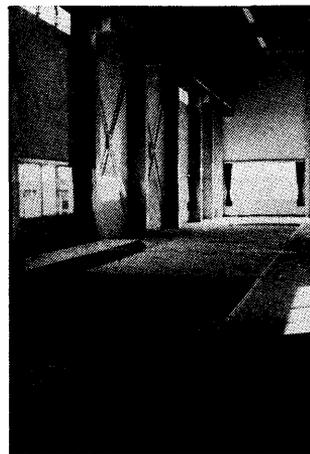
写真一A.15 電気室壁, 屋根張り



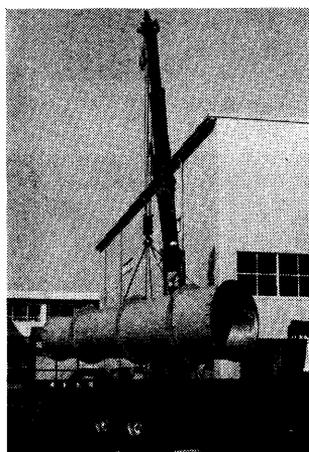
写真一A.16 建屋基礎ピット部



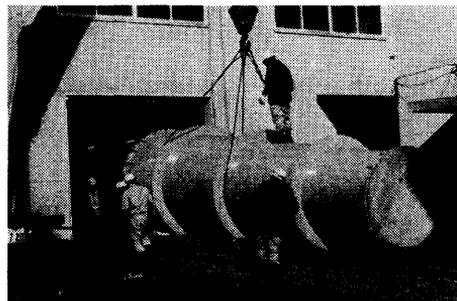
写真一A.17 建屋1階



写真一A.18 建屋2階



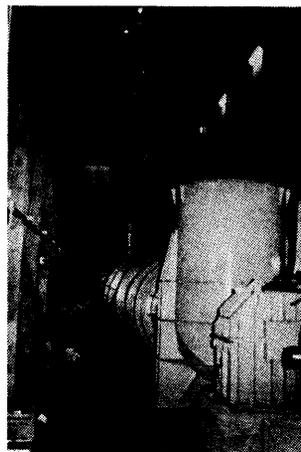
写真一A.19 胴の搬入



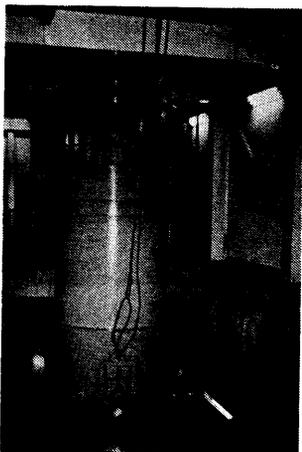
写真一A.20 胴の建屋内への引き込み



写真一A.21 基礎金具心出し



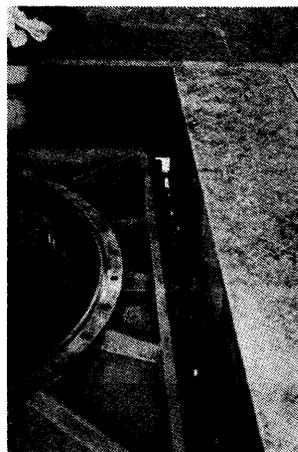
写真一A.22 下部水平胴据付け



写真一A.23 第2直管胴



写真一A.24 第1直管胴



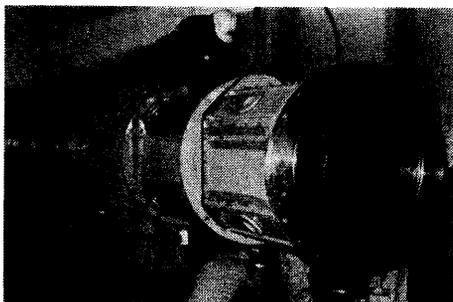
写真一A.25 水平荷重支持部



写真一A.26 第1屈曲胴



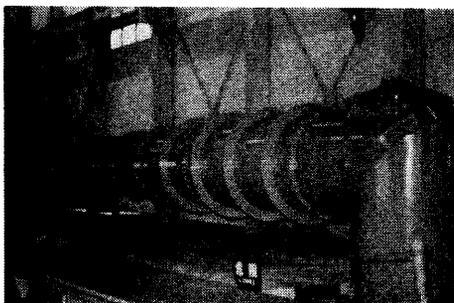
写真一A.27 第4屈曲胴



写真一A.28 第1計測部



写真一A.29 不均一流発生装置



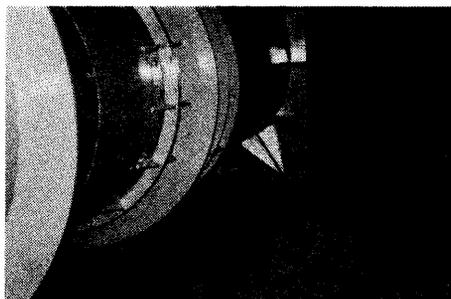
写真一A.30 上部水平胴組立て



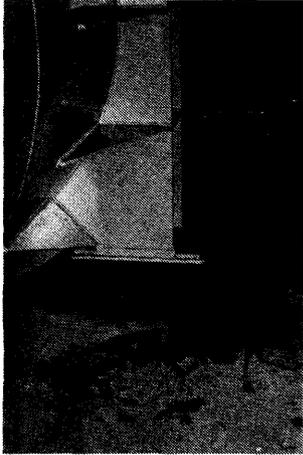
写真一A.31 中間支柱



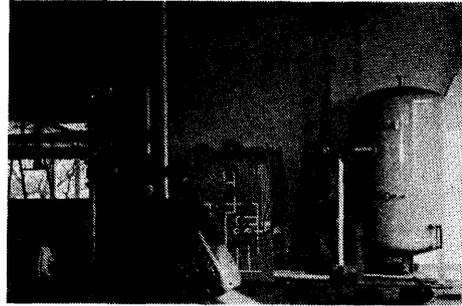
写真一A.32 支持部



写真一A.33 第2屈曲胴基礎部



写真一A.34 第3屈曲胴基礎部



写真一A.35 圧力調整装置