

大型キャビテーション試験水槽の建設について

推進性能部

On the New Large Cavitation Tunnel of the Ship Research Institute

By
Ship Propulsion Division

Abstract

This paper gives a general description of the new large cavitation tunnel built at the Ship Research Institute. Length between the center lines of the vertical parts of the tunnel is 18 m, and height between the center lines of the horizontal parts is 10 m.

In this report are given design considerations and general descriptions of construction of the tunnel, the electrical equipments, measuring instruments and the building to house facilities, and are also shown the test results on the performance of the tunnel.

The main feature of the tunnel are as follows;

1. The tunnel has two interchangeable working sections. The smaller one (No. 1 working section) has a circular cross section of 0.75 m in diameter. Maximum water velocity in this section is 20 m/sec.

The larger one (No. 2 working section) has a rectangular cross section of 2.00 m in width and 0.88 m in depth, and a length of 8 m in which a 7 m long ship model can be installed. Maximum water velocity in this section is 6.5 m/sec.

2. Minimum and maximum absolute pressure in both working section are 0.05 kg/cm² and 2.0 kg/cm², respectively.

3. The tunnel itself except the No. 2 working section is made of stainless steel.

4. Three kinds of propeller dynamometers are available.

〈目次〉

1 緒言	2	3.2.2 水槽建屋 2階	9
2 計画の概要	3	3.2.3 基礎ピット部	10
2.1 基本方針	4	3.2.4 電気室	10
2.2 第1計測部の主要目	5	3.3 クレーン設備	10
2.3 最高流速と圧力調整範囲	5	3.4 給排水設備	10
2.4 第2計測部の主要目	6	3.5 電気設備	11
2.5 プロペラ動力計	6	4 水槽本体	11
2.6 可変速電動機の制御電源	6	4.1 概要	11
3 建屋	6	4.2 使用材料	11
3.1 概要	6	4.3 塗装	11
3.2 各部の詳細	9	4.4 各部の詳細	13
3.2.1 水槽建屋 1階	9	4.4.1 第1計測胴	13
		4.4.1.1 計測部	13
		4.4.1.2 縮流部	13

原稿受付：昭和51年8月9日

4.4.1.3 不均一流発生装置	13
4.4.1.4 拡散部	14
4.4.1.5 支持部および中間支柱	14
4.4.2 第2計測胴	14
4.4.3 屈曲胴	14
4.4.4 直管胴	15
4.4.5 送流装置	16
4.4.6 給排水装置	18
4.4.6.1 概要	18
4.4.6.2 各機器の要目	18
4.4.6.3 給排水装置の作動	18
4.4.7 圧力調整装置	19
4.4.7.1 概要	19
4.4.7.2 各機器の要目	19
4.4.7.3 圧力調整装置の作動	20
5 電気設備	22
5.1 概要	22
5.2 受変電設備	22
5.3 インペラおよびプロペラ動力計駆動設備	22
5.4 中央操作盤	25
6 計測装置	25
6.1 概要	25
6.2 主プロペラ動力計	25
6.3 斜流用プロペラ動力計	28
6.4 模型船用プロペラ動力計	28
6.5 圧力測定装置	29
6.6 流速測定装置	29
6.7 ウエークレーク	29
6.8 マノメータ	30
6.9 ディジタル計測盤	30
6.10 空気含有量測定装置	31
6.11 動力計の取扱い	32
6.11.1 主プロペラ動力計	32
6.11.2 斜流用プロペラ動力計	33
6.11.3 模型船用プロペラ動力計	33
7 試運転結果および計測部諸特性	34
7.1 概要	34
7.2 第1計測部試運転	34
7.2.1 漏洩試験	34
7.2.2 流速試験	35
7.2.3 ウエークレーク較正試験	36
7.2.4 流速分布の測定試験	37
7.2.5 試験可能範囲の測定試験	38
7.2.6 主プロペラ動力計較正試験および無負荷試験	41
7.2.7 斜流用プロペラ動力計較正試験および無負荷試験	42
7.2.8 2重反転プロペラ無負荷試験	43
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	43
7.3 第2計測部試運転	44
7.3.1 漏洩試験	44
7.3.2 流速試験	44
7.3.3 流速分布の測定試験	45
7.3.4 試験可能範囲の測定試験	46
7.3.5 模型船用プロペラ動力計較正および無負荷試験	46
7.3.6 模型船用プロペラ動力計負荷試験	46
7.4 キャビテーション試験例	47
8 結言	48
附録一 工事記録写真	49

1. 緒言

近年の船舶の大型化、高速化に伴い、これらの船舶に装備されるプロペラの荷重度の増加、キャビテーション係数の減少の傾向が著しくなり、キャビテーションの発生を避けることが一層困難になっている。このため、プロペラキャビテーションによるプロペラ翼の損傷、船体振動および騒音の発生等が問題となり、プロペラのキャビテーション性能を改善する必要性が増大している。

従来、キャビテーションに関する理論的研究は多く行われているが、舶用プロペラはその形状が複雑であり、しかも船尾の不均一流中で作動していることか

らその理論的取扱いがかなり難しく、一般にはキャビテーション水槽において実験的研究を行うことが多い。

当所においてもこれまでに昭和16年に建設された小型キャビテーション水槽を使用して実験を行ってきたが、老朽化が著しくその性能を十分に發揮し得なくなり、また、近年の高速船のプロペラのキャビテーション試験を行うにはこの水槽の性能では不十分になった。そこで、現在の高速船のプロペラにたいして要求される条件のみでなく将来の超高速船のプロペラの研究、また新しい研究の発展等を考慮して、是非とも新しい大型で高速のキャビテーション水槽を設置したいという願いを長年いたきてきた。幸いにして、運輸省

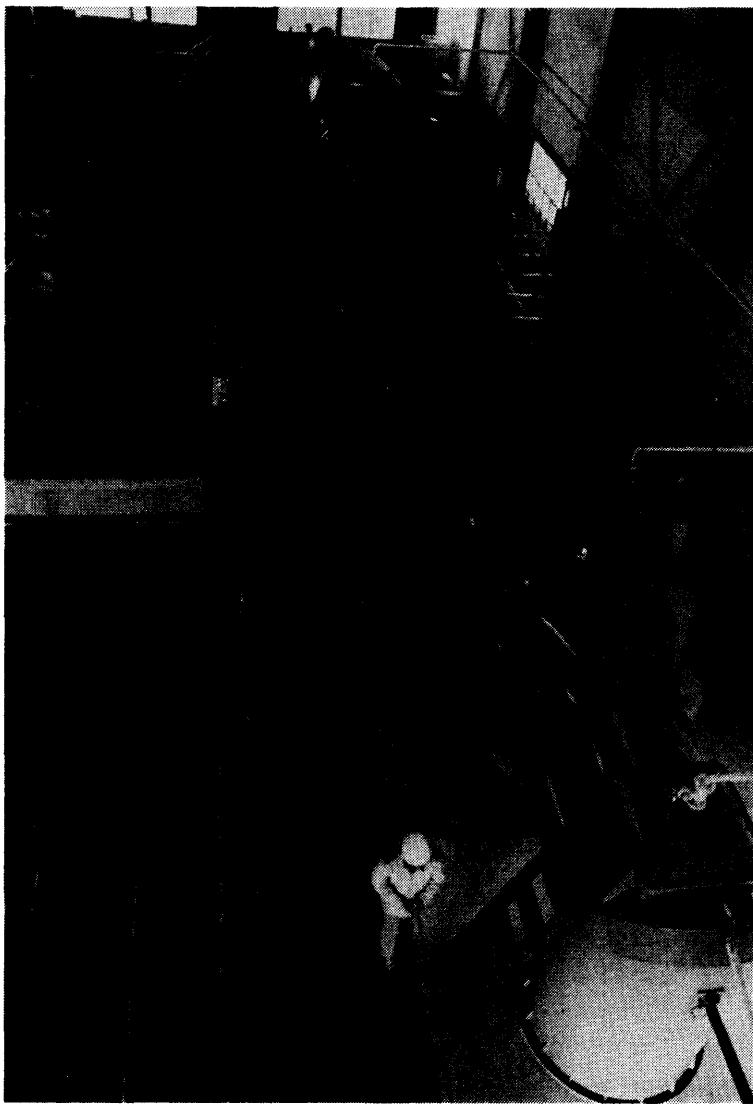


写真-1.1 大型キャビテーション水槽全景

議会の答申に基づいて始まった速力 35 ノット、長さ 300 m の大型超高速コンテナ船の研究開発の一環として、プロペラに関する研究を進める上に大型キャビテーション水槽が必要であることが認められた。そして昭和 47 年度より大型キャビテーション水槽の建設を進めてきたが、昭和 50 年 10 月に完成(写真-1.1)したので、その概要について述べる。

本報告は、大型キャビテーション水槽の水槽本体の構造、電気設備および計測設備の仕様、建屋の構成ならびに本水槽完成後に実施した試運転および水槽諸性

能の調査結果を述べるものである。本水槽の完成時の主要目等を表-1.1 に、また、諸機器等の構成を図-1.1 に示す。本水槽の主な特長は、

- 1) 本水槽は交換のできる大小 2 種類の計測部を有する。小さい方の計測部(第 1 計測部)は直径 0.75 m の円形断面で、直径が最大 400 mm までの模型プロペラの試験が行え、最高流速は毎秒 20 m である。大型の計測部(第 2 計測部)は幅 2 m、深さ 0.88 m の矩形断面で、長さが最大 7 m までの模型船を設置でき、その船尾でのプロペラのキャビテーション試験ができる。この計測部での最高流速は毎秒 6.5 m である。
- 2) 水槽本体は第 2 計測部を除き、全てステンレス鋼製である。
- 3) 水槽内の圧力調整範囲は絶対圧力で 0.05 kg/cm² から 2 kg/cm² である。
- 4) 用途別に容量の異なる 3 種のプロペラ動力計を設置した。

年度別工事、工事費および船研内の担当者を表-1.2 に示すが、本建設工事は大別して 3 段階に分れ、これを 3 年計画で行った。建屋の建設工事はその設

計、監督を建設省関東地方建設局に委任し、また試験水槽関係の工事については船舶技術研究所が直接これに当り、設計、製作は三菱重工業(株)が西独 Kempf & Remmers 社(K & R 社)と技術提携して行った。ただし、計測の能率化、簡易化を図る上での我々の要求は K & R 社の基本設計の上に十分反映されている。

2. 計画の概要

大型キャビテーション水槽の主要目を決定するにあたっては、現在の要求のみでなく将来の研究の発展を

表-1.1 水槽主要目

中心線間高さ	10.00 m	
中心線間長さ	18.00 m	
計測部	第1計測胴	第2計測胴
断面形状	円形	矩形
寸法	0.75 m ϕ	2 m × 0.88 m
断面積	0.442 m ²	1.76 m ²
長さ	2.25 m	8.00 m
最高流速	19.7 m/s	6.5 m/s
最大圧力	2 kg/cm ² abs	
最小圧力	0.05 kg/cm ² abs	
縮流部		
絞り比	7.99	2.01
長さ	2.10 m	3.00 m
使用模型	プロペラ直径 400 mm	模型船長さ 7 m
最大寸法	300~350 mm	
常用寸法		
送流機		
インペラ直径	1,346 mm	
インペラ翼数	4	
駆動電動機出力	476 PS	
最高回転数	1,150 rpm	
インペラ回転数	419.7 rpm	

も考慮して、主として次の点について検討し、計画を行った。

2.1 基本方針

キャビテーション水槽の性能の良否は主要各部の形状、寸法の設計いかんによって決まるので、特に新奇な設計を進めるよりは、主要項目のみを決めて、詳細な設計は豊富な経験と実績を有する K & R 社にまかせることが時間的にも経済的にも良策であると判断した。

K & R 社が今までに設計、製作した多くの機種の中から、主要目を検討した結果、K-16 型を基にして、建屋の軒高をなるべく低くするため水槽本体の高さを低くした。また、水槽の長さを長くして、大小 2 種の計測胴を交換して設置するのに、計測胴およびその前後の部分の形状に無理のないようにした。送流用インペラ、整流格子、伴流計測用ウエークレークおよびプロペラ動力計は、K & R 社の既製品が性能も良く、経済的にも安いので、これらを輸入することにした。

キャビテーション試験を行う場合、水槽内は加圧、減圧の状態が繰りかえされるので、その内面に良質の塗装を施しても塗膜が剥離して防錆を保つことがかなり困難である。したがって、水槽本体、貯水タンク、圧力調整タンク、給水管は全てステンレス鋼を使用することにした。ただし、第 2 計測胴は予算的制約から一般構造用圧延鋼を使用し、内面塗装とせざるを得な

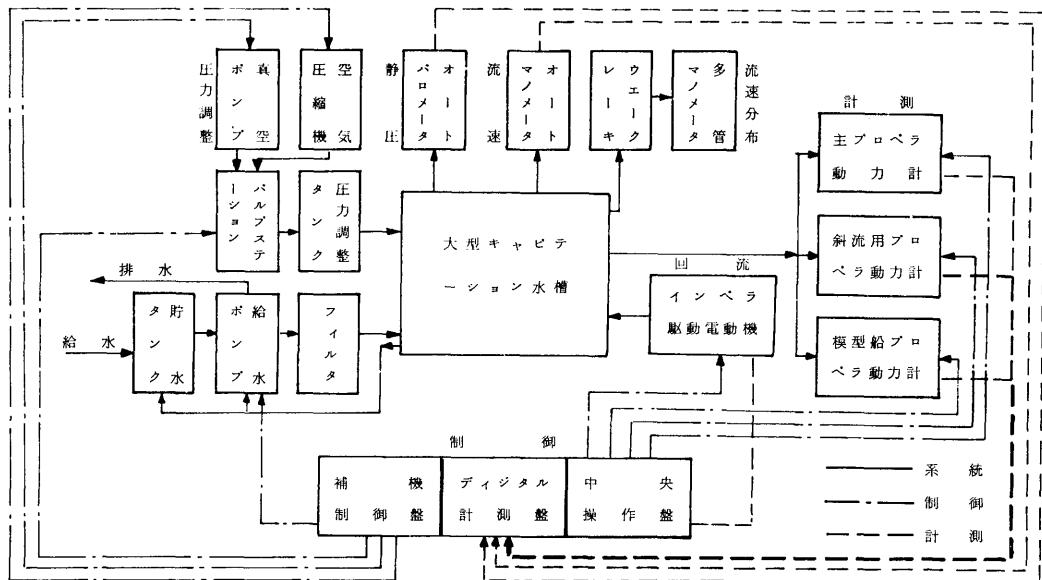


図-1.1 大型キャビテーション水槽構成図

表-1.2 建設工程、工事費および担当者

年 度	47	48	49	50	概算工事費 (百万円)	担 当 者
水槽本体					297	小久保芳男 小山鴻一
電気設備						荒井能 黒部雄三
計測機器					112	(横尾幸一) 伊藤達郎 門井弘行
建 屋					109	武井幸雄 右近良孝
第2計測胴					57	横尾直幸 岡本三千朗
						小久保芳男 小山鴻一
					計 575	

かった。

また、諸機器の運転制御装置、計測装置等は全て遠隔操作による集中制御、集中表示（写真-2.1、図-2.1）を行うことにより省力化を図ることにした。

2.2 第1計測部の主要目

舶用プロペラのキャビテーション性能を実験的に検

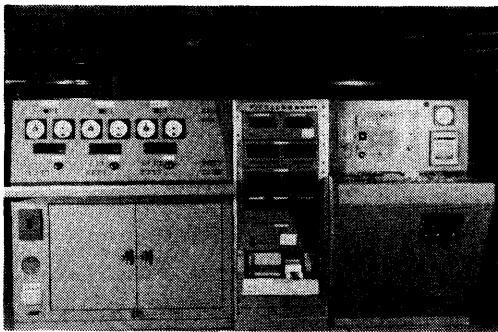


写真-2.1 運転、制御、計測系

討する上で、模型プロペラの翼断面形状等の幾何学的形状は重要な要素となる。したがって模型の仕上げ精度を良くする必要があり、なるべく大型の模型が使用できることが望ましい。模型プロペラの常用直径を300 mm～350 mm、最大400 mmとして、側壁影響をなるべく小さくすることから計測部断面寸法は直径700 mm以上必要となり、結局計測部直径を750 mmとした。

また、不均一流中の試験のために、模型プロペラの前方の部分に、ワイヤメッシュスクリーンによる不均一流発生装置を設けることとした。

2.3 最高流速と圧力調整範囲

現在および将来の超高速船のプロペラのキャビテーション試験を行う場合、これらのプロペラの前進係数はかなり大きな値となること、また試験時のレイノルズ数は、尺度影響の点からなるべく大きいことが望ましく、計測部の流速はかなりの高速が要求される。さ

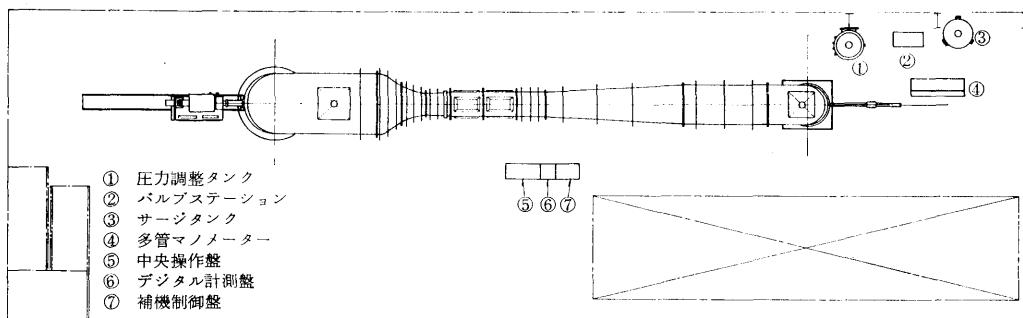


図-2.1 2階機器配置図

らに、回流水中の気泡を少なくし、精度よい計測を行うためには、高速、高圧の状態で所定のキャビテーション係数の得られる必要がある。したがって、最高流速は毎秒 19 m、圧力調整範囲は絶対圧力で 0.05~2 kg/cm²とした。

2.4 第2計測部の主要目

ワイヤメッシュスクリーンにより再現した伴流分布は軸方向に平行な2次元流であり、船尾の複雑な3次元流れは再現されていない。3次元不均一伴流中でのキャビテーション試験を実施したり、キャビテーションの発生しているプロペラと船体、舵等の相互干渉、プロペラ起振力による船体振動、騒音等を調べるために、模型船々尾でプロペラを作動させる必要がある。

このため、高速用の第1計測部のほかに、これと交換して使用し得る矩型断面の大型計測部(第2計測部)を設けることにした。使用する模型プロペラの直径はなるべく大きくしたいことと、400 m 試験水槽で実験を行う模型船の常用長さを考慮して、使用する模型船の最大長さは 7 m とした。このため、第2計測部の寸法として幅 2 m、深さ 0.88 m、長さ 8 m とし、最高流速は毎秒 5 m とすることにした。

2.5 プロペラ動力計

プロペラを駆動し、同時にプロペラが発生するスラスト、トルク等を計測するプロペラ動力計は、下記の条件から用途と容量の異なる3種のものを設置した。

1) 第1計測部では、大型模型プロペラを使用して高速流中の試験も行うため、プロペラが発生する力はかなり大きくなるので、大容量の動力計を設置する。

また、比較的小型の模型プロペラを使用する場合の計測精度の点と、高速艇等のプロペラ軸が傾斜している場合の斜流中の試験等を考慮して、プロペラ軸が任意の傾斜角に設定できる中容量の動力計を設置する。

2) 第2計測部には、模型船内に搭載して計測が行える、水密、気密が十分保てる構造を有する小容量の動力計を設置する。

2.6 可変速電動機の制御電源

従来、キャビテーション水槽の送流用インペラの駆動電動機、プロペラ動力計の駆動電動機の回転制御は、ワードレオード電源装置により行われてきたが、設置面積が小さくてすむことと、制御系の応答速度が早いため制御精度が良いこと等の理由から、本水槽の送流用インペラ駆動電動機および3種のプロペラ動力計の制御電源として、近年著しくその信頼性が向上したサイリスタ電源装置を採用することにした。

3. 建屋

3.1 概要

大型キャビテーション水槽の建屋の建設に際して、まず、その構造、寸法および建設位置等を検討した結果、水槽建屋は計測上、作業上最も有利な地上 2 階、地下 1 階の建屋とすることに決定した。

建屋の建設位置は図-3.1 に示すように、研究棟の南方で、三鷹第2船舶試験水槽(略称 400 m 水槽)の水槽棟に平行な位置である。

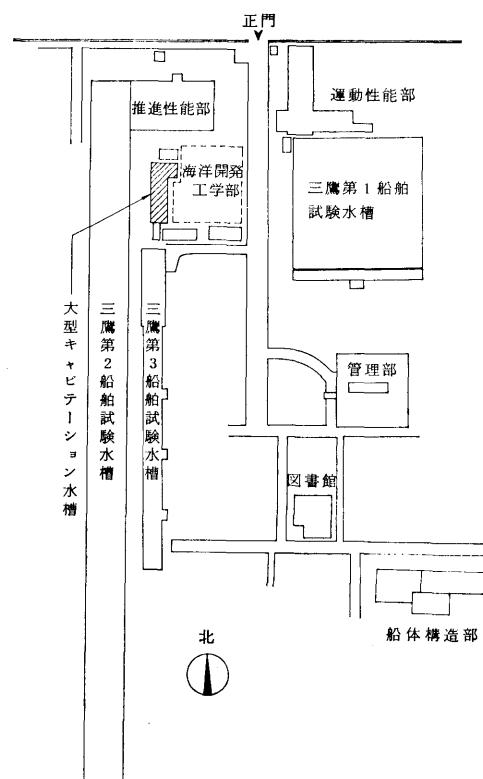


図-3.1 水槽位置図

大型キャビテーション水槽建屋と 400 m 水槽との間隔は、400 m 水槽の側壁に対する土圧を損じないようにするために、図-3.2 に示すように、400 m 水槽底盤東端と大型キャビテーション水槽建屋基礎ピット底部底盤西端より、それぞれ 45 度の仮想の根切り線を引き、その交点が地上に来るなどを条件として、15 m 以上とした。建屋の全景を写真-3.1 に示す。

建屋の地下室には水槽本体およびその周辺機器等を設置するので、各機器の基礎を設けた(以後この地下

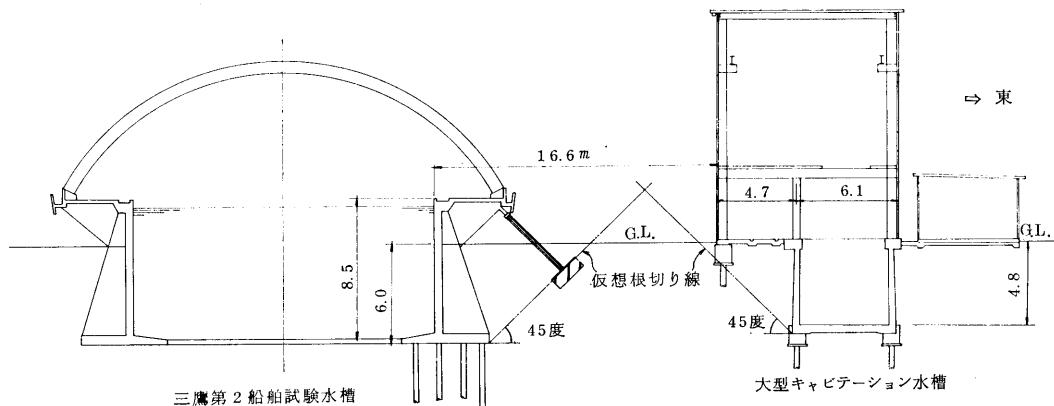


図-3.2 建屋位置関係

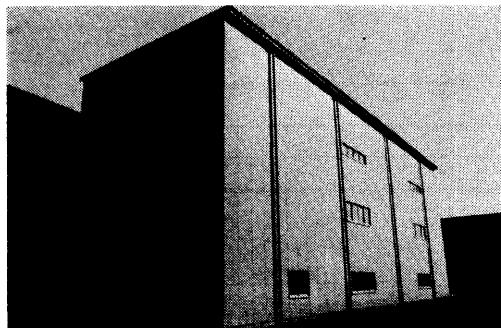


写真-3.1 建屋全景

の部分を基礎ピット部と呼ぶ)。

また、水槽建屋の動力、照明等用の給電設備として電気室を本建屋の東側に設けた。

水槽建屋および電気室の主要寸法を表-3.1に示す。表-3.1に記入してある G.L. (設計地面) は当所本庁舎前の基準点 (ベンチマーク) より 25 cm 下と規定し、F.L. (設計床面) は G.L. の 20 cm 上と定めた。

水槽建屋と電気室の屋根はカラー鉄板の折板で、水

槽建屋の屋根の下面には発泡樹脂製の断熱材を張り、電気室の屋根の下には断熱用の石綿板の天井を設けてある。水槽建屋と電気室の外壁は石綿板で、水槽建屋の内壁には石こう板を使用し、その表面に塗装を施した。

水槽建屋の基礎ぐいの打ち込みは試験ぐいの荷重試験によって、十分な地耐力を確認した後に行った。基礎ピット部には長さ 7 m、直径 35 cm の基礎ぐいを各柱と各柱の中間の位置および水槽本体と貯水タンクの基礎部に打った。水槽建屋の基礎には長さ 9 m、直径 35 cm の基礎ぐいを各柱位置に打った。使用した基礎ぐいはコンクリート PC ぐいである。基礎ぐいの打ち込み方は、セメントミルク注入式によるオーガ工法である。

電気室には基礎ぐいを用いず、電気室の床の鉄筋を水槽建屋 1 階の床の鉄筋と接続した。

大型キャビテーション水槽建屋の各階の平面図を図-3.3 に、側面図を図-3.4 に示す。図-3.3において、西側の壁心を①通り、東側の壁心を③通りと称

表-3.1 建屋の構造と主要寸法

建屋別	階別	構造	長さ (m) (壁心)	幅 (m) (壁心)	高さ (m) (G.L.より)	深さ (m) (G.L.より)
水槽建屋	1 階	鉄骨	34.8	10.8	4.6	—
	2 階				13.4*	—
	地下室				6.1	4.8
電気室	1 階	軽量鉄骨	10.1	6.1	4.3*	—

(* 印は軒高さ)

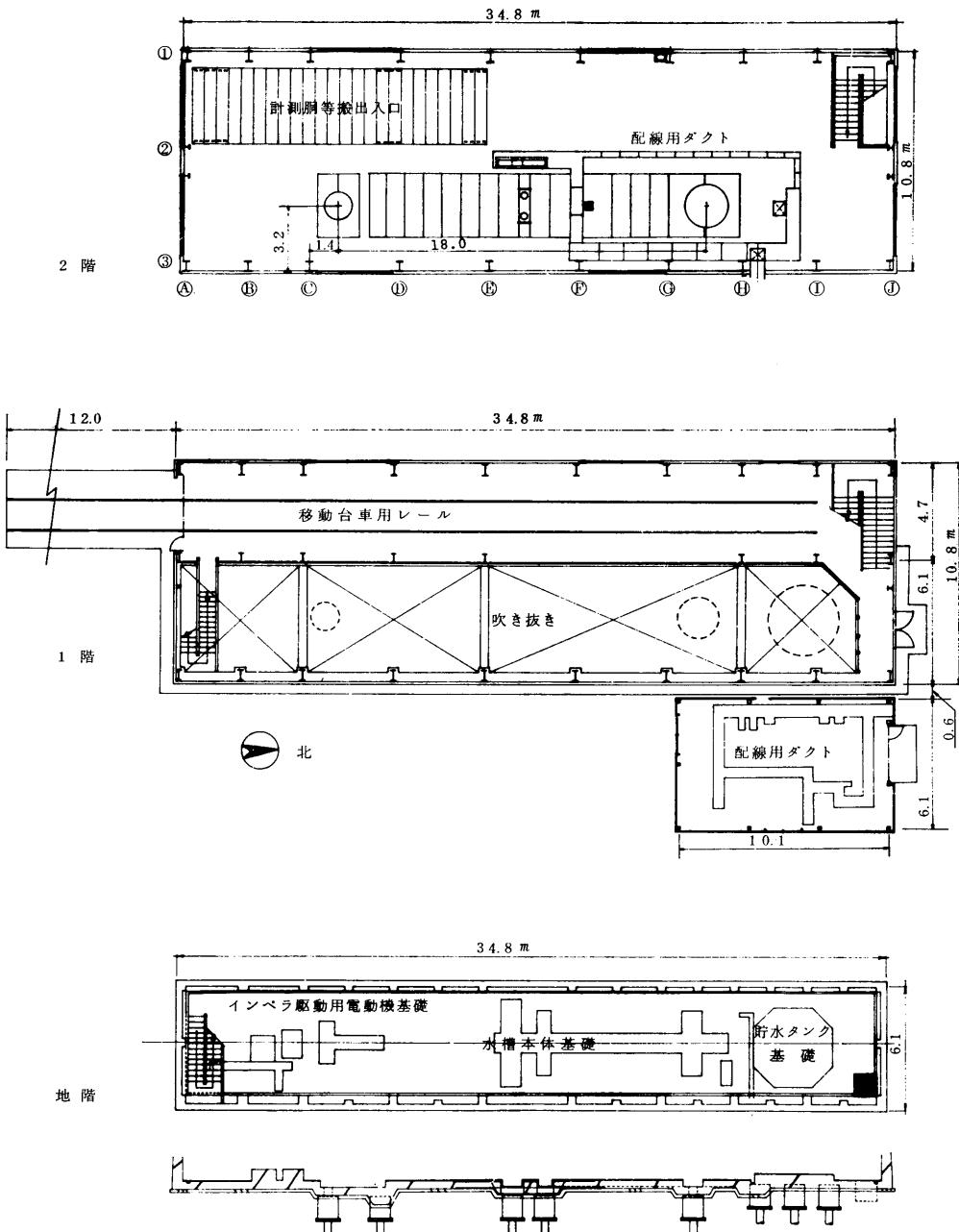


図-3.3 建屋一般配置図

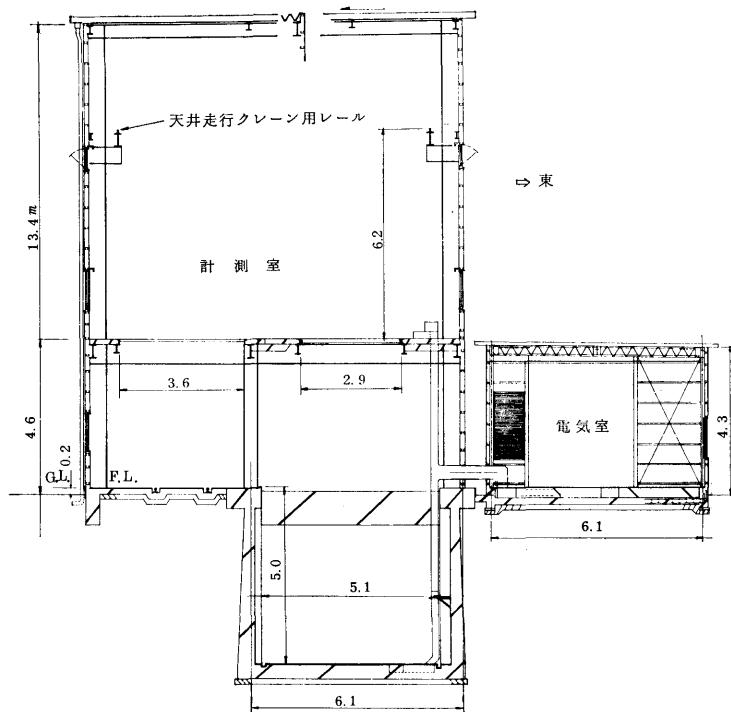


図-3.4 建屋側面図

し、東壁と西壁の中間にある柱の柱心を②通りと称した。柱には南端の④に始まり北端の⑤で終る呼称を付けた。

3.2 各部の詳細

3.2.1 水槽建屋1階（写真-3.2）

水槽建屋1階は②通りと③通りの間（1階東側）が吹き抜きとなっている。また、①通りと②通りの間（1階西側）の床部には計測洞用移動台車用のレール2本を1.5 mの間隔で敷設している。レールは①柱を起点として全長43 mで、屋外の敷設区域には鉄筋

コンクリートの作業床を設けた。計測洞用移動台車は計測洞の保管および交換時に使用し、各4輪の台車が2台このレール上に置かれる。計測洞による最大荷重は1組で約20 tであり、床下には鉄筋コンクリートのはりを設けて床を補強した。

南端の搬出入口には幅3.6 m、高さ3.5 mの電動シャッターを設けた。

3.2.2 水槽建屋2階

水槽建屋2階は主計測区域であり、基礎ピットの上方の床の東側（②通りと③通りの間）の⑥柱～⑩柱間に図-3.3に示すような長さ20.7 m、幅2.9 mの水槽本体組立用の開口部を設けた。

この開口部の南端部と北端にはそれぞれ第2直管洞、第1直管洞（4.1参照）が通るが、地震発生時に、水槽本体に生じる約50 t（0.2 G）の水平荷重は主として第2直管洞の周辺の床で受け持つので、この部分には特に幅48 cm、深さ30 cmのH型鋼等による補強を行なった。開口部は通常は取りはずし可能な床板であたをしてある。

水槽本体の周辺には各種の計測機器を設置するので、深さ20 cmの動力用および制御用等の配線ダク

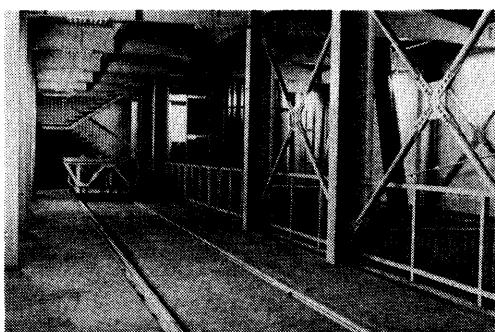


写真-3.2 建屋1階

トを設けた。2階の床の厚さは 15 cm ので、ダクト部分の下面にコンクリートを打ち継いで補強した。床の強度上ダクトの設けられない西側の⑩柱から①柱間は床上にラックを設けた。

1階の計測胴移動台車用レール上方の2階西側(①通りと②通り間)の④柱～⑧柱の部分の開口部は長さ 14.4 m, 幅 3.2 m で、水槽本体の計測胴の交換等に使用するが、通常は波板でふたをしてある。

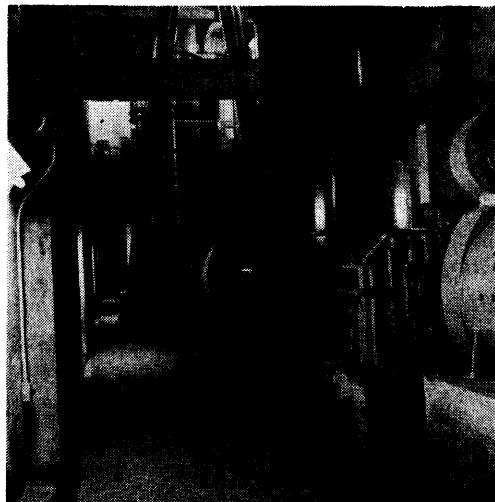
上記の2箇所の大きな開口部による建屋の強度の低下を防ぎ、2階の天井部の天井走行クレーン2台(荷重各 10 ton)の操作時の荷重をささえ、更に耐震性を考慮して、柱、梁、床等は特に強固なものとした。

3.2.3 基礎ピット部(写真—3.3)

基礎ピット部は鉄筋コンクリート構造で、底盤の厚さは 40 cm, 側壁の厚さは底部 40 cm, 上部 25 cm, 頂部天端は幅 90 cm, 深さ 40 cm である。

建屋の②通りと③通りの⑧～⑨には厚さ 50 cm, 幅 70 cm の鉄筋コンクリートの主柱を、主柱の中間に厚さ 40 cm, 幅 45 cm の間柱を設けた。また、⑩, ⑪, ⑫ の側壁天端に幅 50 cm, 深さ 70 cm の鉄筋コンクリートの梁を設けた。

底盤の北東端の長さ、幅、深さ各 1 m の排水までは排水容量 0.25 m³/min の排水用水中ポンプ 2 台と 4 電極式レベルスイッチを設けた。



写真—3.3 建屋基礎ピット

3.2.4 電気室

水槽建屋の東側の電気室の床に深さ 30 cm の電気機器用配線ダクトを設けた。北端の搬出入口には幅、

高さ各 3.0 m の電動シャッターを設備した。電気室は各電気機器の放熱による高温を抑えるため 3,000 m³/hr の排気用換気扇(駆動電動機容量 0.2 kW) 2 台を東壁上部に設けた。

電気室より水槽建屋への電線類は両建屋間を結ぶ貫通ダクトを通して配線した。

3.3 クレーン設備

2階の天井部に設けた天井走行クレーンの主要目を下記に示す。

ガーダ形式:	パイプ
トロリ形式:	クラブホイスト
巻き上げ長さ:	12 m
巻き上げ速度:	4.2 m/min
走行速度:	17 m/min
横行速度:	17 m/min
荷重:	10 ton
台数:	2 台
スパン:	9 m

光電式衝突防止装置、照明および警報ブザー付き
衝突防止装置は距離調整機能付きで、現在は一つの柱区間に内に同時に 2 台のクレーンがはいらないように設定し、建屋に過度の荷重が加わらないように配慮した。クレーンの操作コードはガーダに固定ではなく、クラブ(巻上機)とともに移動する。コードの長さは 1 階の床上から操作可能の長さとした。

3.4 給排水設備

水槽用水、飲料水とともに 400 m 水槽研究棟屋上の高架水槽より給水する。

高架水槽には既設の電極式レベルスイッチとは別に、本水槽用に新しく 3 電極式レベルスイッチを設けたが、このスイッチは既設のスイッチによる給水機能を妨げないように配慮した。高架水槽からの給水管(40 A)は小型キャビテーション水槽建屋北東の止水弁を経て同建屋の北側および西側を通って大型キャビテーション水槽建屋の北側に至っている。給水管はここで水槽用貯水タンクに向かう 40 A の系統と 1 階西側の足洗い場および 2 階西側の洗面器に向かう 20 A の系統とに分岐している。貯水タンクに向かう給水管は基礎ピット部の北端から基礎ピット部の床上に設けた電動弁に連結している。この電動弁は高架水槽内に新設の 3 電極式レベルスイッチの信号により作動する。

基礎ピット部の排水までは底盤部の雑排水と貯水タンクの排水および 2 階の圧力調整タンク等よりの排

水が流入する。これらの排水は排水ます内の電極式レベルスイッチの信号による水中ポンプの作動により、水槽建屋西方の雨水ますに排出する。水中ポンプの排水能力は2台で $0.5\text{ m}^3/\text{min}$ である。

なお、水槽建屋建設敷地内にあった既設の三鷹第3船舶試験水槽（略称中水槽）用の上水給水管は建築工事に先立って400m水槽棟寄りに移設した。

3.5 電気設備

大型キャビテーション水槽建屋および電気室用の一般電源は400m水槽棟の主動力室内の既設の配電盤より大型キャビテーション水槽電気室内の新設の低圧配電盤に接続し、ここから水槽建屋および電気室に給電している。

一般用電源として3相交流(220V)および単相交流(105V)があり、220Vコンセントは各階に1箇づつ、105Vコンセント（2連アース端子付き）は2階に9箇、電気室に2箇、1階および基礎ピット部に3箇づつ配置した。

クレーン駆動用動力は電気室内配電盤より水槽棟2階東側に設けてあるトロリー線を通じて給電している。

火災報知設備は煙感知器により火災を検知し、建屋1階の受信器で警報、表示をすると同時に、400m水槽研究棟内の宿直室にも警報と表示を伝える方式となっている。

照明は計測室と作業室を兼ねる水槽棟2階は400lx、水槽棟1階と基礎ピット部は200lx程度となるよう蛍光灯を配置した。

警報用制御盤、照明およびコンセント用配電盤、基礎ピット部の排水用水中ポンプ制御盤は玄関に隣接して設けた。

4. 水槽本体

4.1 概要

本水槽は図-4.1に示すように堅型回流水槽で、次のような部分によって構成されている。すなわち、第1計測胴（縮流部、計測部、支持部、拡散部、直管部）、または第2計測胴（縮流部、計測部）、第1屈曲胴、第2直管胴、第2屈曲胴、インペラ胴、第2拡散胴、第3屈曲胴、第3直管胴および第4屈曲胴で、これらの部分の接続は全て図-4.2に示すようにフランジ接続で、Oリングにより気密、水密を保つ構造となっている。

主プロペラ動力計は第4屈曲胴の外端部に設置され

た動力計用ベッドの上に取付け、模型プロペラ軸のスリーブは第4屈曲胴を貫通し、第1計測胴縮流部を経て第1計測胴計測部に達している。動力計としては、この他に斜流用プロペラ動力計も備えていて、斜流中における実験を行うことが出来る。斜流用プロペラ動力計を使用する場合は、第1計測胴計測部の上面に設けた2枚の有機ガラス窓を取りはずし、その窓枠に取付ける。

第1計測胴縮流部と計測部の間には、ワイヤーメッシュクリーンによって計測部内に不均一流場を設定することが出来る不均一流発生装置を設けた。

第1計測胴計測部の下流側には、不均一流発生装置によって設定した不均一流場の流速分布を計測するため、14本のプラントル型ピトー静圧管群からなるウェークレークが第1屈曲胴を貫通して取付けられている(6.7参照)。

水槽内の回流水を送流するために、下部水平部のインペラ胴内に、4翼の送流用インペラが第2屈曲胴を貫通しているインペラ軸に取付けてあり、減速機を介し、インペラ駆動電動機により駆動される(写真一4.1)。

上記の各部分のうち、ウェークレークおよび第1計測胴（第1計測胴縮流部から直管部まで）を取りはずして、その部分に模型船を設置することの出来る第2計測胴が取付けられる。この場合、主プロペラ動力計はベッドの後端まで移動させておく必要がある。なお、本水槽の主要目は表-1.2に示されている。

4.2 使用材料

本水槽の使用材料は第2計測胴（フランジ部および窓枠をのぞく）と補強材は、一般構造用圧延鋼材(SS41)を使用したが、その他の部分は全てステンレス鋼(SUS 304)を使用した。第4屈曲胴内に設置されている整流格子は黄銅製、下部水平部に設置されている送流用インペラは青銅製で表面に合成樹脂が焼付けされている。また圧力調整タンク、貯水タンクおよび給水管等も全てステンレス鋼を使用した。

4.3 塗装

水槽本体および給排水管等の外面は、錆、油脂、汚れ、溶接スッパー等の表面付着物を完全に取去った後に、下塗りとして長油性フタル酸樹脂系サビ止塗料の刷毛塗りを1回を行い、24時間余りの自然乾燥の後に、同系統の上塗り塗料(マニセル No. 5G-6/4.5)の刷毛塗りを2回施した。

第2計測胴は材質が一般構造用圧延鋼であるため、

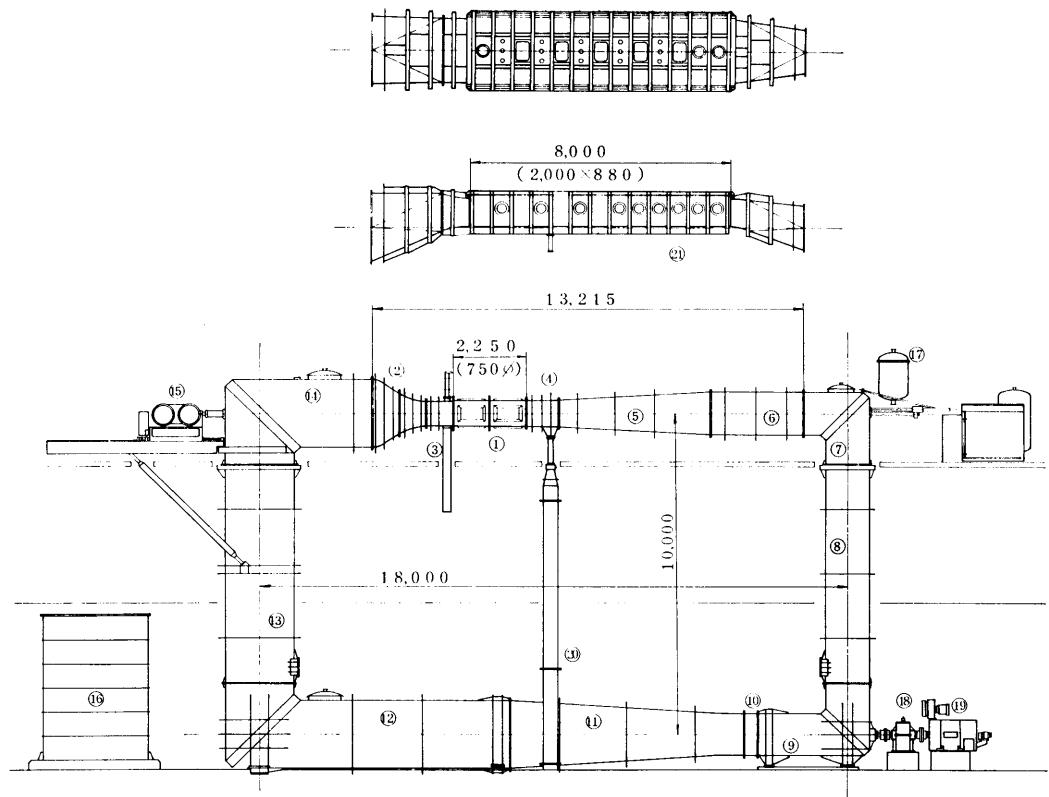


図-4.1 大型キャビテーション水槽一般配置図

- | | | |
|------------|---------|--------------|
| ① 第1計測胴計測部 | ⑧ 第2直管胴 | ⑯ 主プロペラ動力計 |
| ② 第1計測胴縮流部 | ⑨ 第2屈曲胴 | ⑰ 貯水タンク |
| ③ 不均一流発生装置 | ⑩ インペラ | ⑰ 圧力調整タンク |
| ④ 第1計測胴支持部 | ⑪ 第2拡散胴 | ⑱ 減速機 |
| ⑤ 第1計測胴拡散部 | ⑫ 第3屈曲胴 | ⑲ インペラ駆動用電動機 |
| ⑥ 第1計測胴直管部 | ⑬ 第3直接管 | ⑳ 中間支柱 |
| ⑦ 第1屈曲胴 | ⑭ 第4屈曲胴 | ㉑ 第2計測胴 |

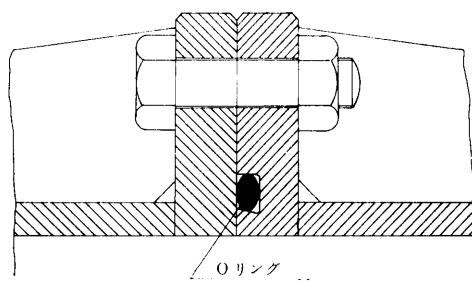


図-4.2 フランジ接続部

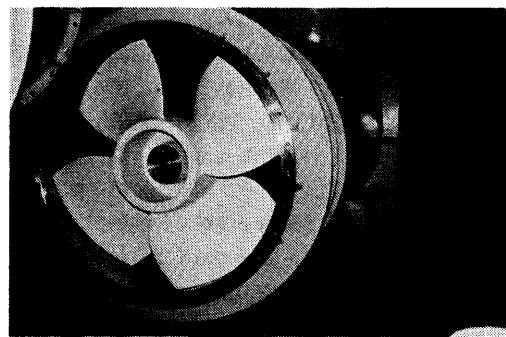


写真-4.1 インペラ

内面にも塗装を施した。内面は塗装に先立って表面粗度が 50 s 程度になるようにサンドブラスト処理を行い、清掃後、直ちに下塗りとしてエポキシ樹脂系のセビ止塗料をエアーレススプレーを使用して塗り、24時間後に同系統の上塗り塗料（マンセル No. N-7）をエアーレススプレーを使用して2回塗装した。

4.4 各部の詳細

4.4.1 第1計測胴

4.4.1.1 計測部（写真—4.2）

計測部はワイヤーメッシュスクリーンによる不均一流発生装置の直ぐ下流にあって、その長さは 2.25 m である。内径は境界層の厚さを考慮して、上流測端部で 750.5 mm、下流側端部では 756.4 mm とやや拡がりをもっている。計測部の上下および両側面には幅 350 mm、長さ 700 mm の有機ガラス製の観測窓を長手方向に 2箇づつ設けた。また計測部には円周上 4 箇

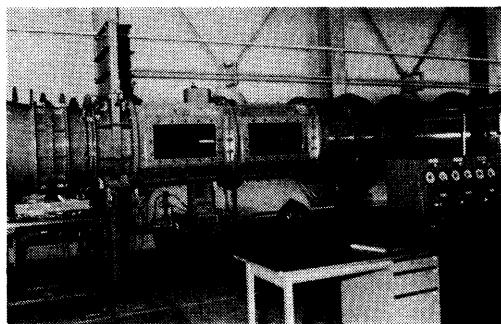


写真-4.2 第1計測部

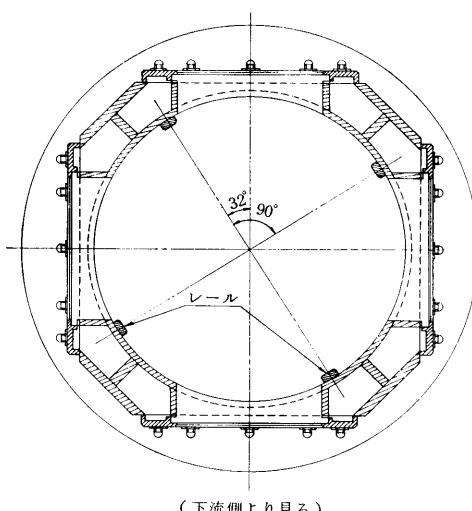


図-4.3 レール位置図

所、長手方向に 3箇所の合計 12箇所に直径 100 mm のメタルウインドウを設けた。これらはウェークレーキ軸の支持軸受の位置を移動して取付けたり、流速測定用のピトー静圧管の取付け等に使用する。

模型プロペラ軸心上の圧力を計測するために、上流側および中央部の下面の 2箇所に直径 2 mm の静圧孔が設けてあり、これらからビニール管がオートバロメーター（6.5 参照）へ接続される。

図-4.3 に示すように、内面の円周上 4 箇所に長さ 2 m、幅 40 mm、高さ約 20 mm のレールを設けた。このレールは計測部内へ任意の供試体等を取付けるためのもので、自由にボルト孔等を加工して使用することが出来る。通常このレールは取りはずしておく。

4.4.1.2 縮流部

縮流部は第4屈曲洞内の整流格子によって整流された回流水を加速整流して計測部へ送流する重要な部分で、その下流側には不均一流発生装置を備えている。縮流部上流側の内径は 2.12 m、下流側の最小内径は 0.75 m、従って絞り比は 7.99、その長さは 2.13 m である。この最小直径部分の円周方向 4 箇所にベンチュリー方式による圧力を計測するための直径 2 mm の静圧孔を設け、第4屈曲洞のそれと共に、オートマノメーター（6.6 参照）に接続し、計測部における流速の計測を行う。また縮流部の内部には、主プロペラ動力計の模型プロペラ軸スリーブを支持する軸受を設けた。

4.4.1.3 不均一流発生装置

不均一流発生装置は前述のように縮流部の下流側に設けてあり、標準の模型プロペラ位置からは上流側へ約 0.5 m の位置にある。この装置は不均一流を発生させるためのワイヤーメッシュスクリーンを取り付けるリング類と、それらのリング類を挿入するためのケーシングから構成されている。リングは三種類で一組となり、ワイヤーメッシュスクリーンを挟み込んでボルト締めし、リング全体の厚さは、スクリーンの厚さに関係なく常に一定に保つような構造になっている。

ケーシングの下部には上下移動が可能なロッドを設けた。ロッドにはスプロケットとチェーンを介して、バランスウェイトが取付けてあり、それらは全て円筒で覆われており、ロッドは円筒の外部に取付けられたハンドルの操作によって上下移動をする。このロッドの上端のフランジとリングの下端部を連結することにより、リングは容易に出し入れ出来る。

計測部内に不均一流を発生させないで、いわゆる均

一流中の実験を行う場合は上記リング類とは別の、フレームリングをケーシング内へ挿入し、計測部内の流れを乱さないようにしている。

4.4.1.4 拡散部

拡散部は支持部の下流側にあって、上流側の内径は 0.826 m、下流側の内径は 1.35 m でその長さは 4.67 m、従って拡がり角度は $6^{\circ}27'$ である。この拡がり角度は、本水槽のように円筒断面の管路で速度水頭の一部を圧力水頭に変える場合に、最大効率が得られる角度であることが一般に知られている。

拡散部の中央よりやや上流側の内部に、ウエークレーク軸の支持軸受を設けた。

4.4.1.5 支持部および中間支柱

中心線間長さ 18 m の水槽本体のほぼ中央にある支持部は、基礎から立上がり正在る二股の中間支柱で支えられていて、計測部のたわみを防いでいる。この中間支柱は直径約 460 mm の鋼管製で内部には補強のために、コンクリートをつめ、支持部とはボルトによって取付けられている。

第 2 計測胴と交換する場合は、このボルトを取りはずし、交換が行われた後に第 2 計測胴に設けられている支持部と中間支柱を接続する。

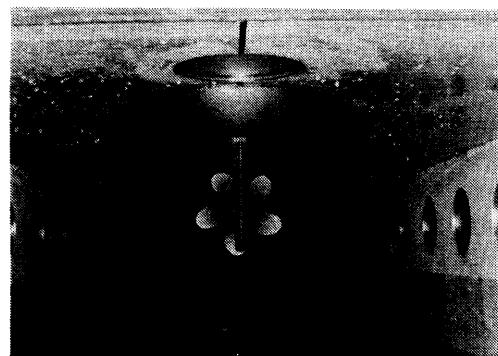
4.4.2 第 2 計測胴（写真—4.3）

第 2 計測胴は前述のように水槽本体の第 1 計測胴（第 1 計測胴縮流部から直管部までの全長 13.215 m の部分）を取りはずし、その部分に設置する。この胴の計測部は内法で高さ 0.88 m、幅 2 m の矩形断面で、長さは 8 m である。



写真—4.3 第2計測部

模型船は防水型の模型船用プロペラ動力計を装備した状態で、計測部内の上面（計測部上面は本体の蓋としての構造を有している）に専用の取付金具を用いて設置する（写真—4.4）。



写真—4.4 模型船の取り付け

計測部の中心は図—4.1 に示すように、第 1 計測胴の中心より 0.47 m 高くなっている。

計測部には上下および両側面を合わせて、直径 300 mm の丸窓が 26 箇所と、長さ 400 mm、幅 600 mm の長方形の窓が 9 箇所に設けられていて、全て有機ガラスを取付けている。上面に設けた長方形の窓のうち任意の 1 箇所は、模型船用プロペラ動力計の駆動用電動機の取付けに使用される。計測部の蓋は、その周囲をボルトで本体へ取付ける構造で、接触面の気密は、O リングによって保持される。またこの蓋の下流側の上面には計測部内の空気抜きのための配管用フランジを設け、後述の圧力調整タンクへ接続する構造となっている。

計測部内の圧力を測定するため直径 2 mm の静圧孔を、上流側、中央部附近および下流側の両側面と上流側下面の合計 14 箇所に設けた。

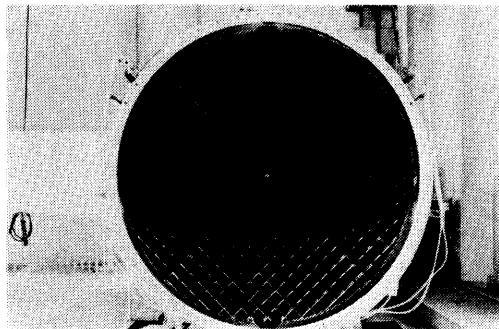
4.4.3 屈曲胴

第 1 屈曲胴には内部点検用の直径 100 mm の有機ガラスを取付けた覗き窓が両側面の 2 箇所に、回流水の空気含有量を計測する場合のサンプル水取出し孔が側面に、またウエークレーク軸を取付けるための貫通孔が外端部に設けてある。

第 2 屈曲胴は基礎に埋め込んだ基礎金具にボルトで固定した唯一の胴であって、前後左右への移動が出来ないように基礎金具との間に、キーを挿入してある。内部には送流用インペラ軸の支持軸受が、また胴壁の軸貫通部には軸受が取付けてあり、貫通部の軸受には自動調心ころ軸受を用い、これによりインペラの推力を受けている。

第 3 屈曲胴は温度変化による水槽の伸縮を考慮し、基礎へ埋め込んだ基礎金具の上面に設置し、ボルト等によって固定はしていない。

第4屈曲洞内には、第1計測洞縮流部と同形式の主プロペラ動力計の模型プロペラ軸スリーブを支持する軸受を設けた。その他に第1屈曲洞と同様に内部点検用の直径100mmの有機ガラスを取付けた覗き窓が2箇所および直読式の回流水温度計と測温抵抗体が取付けてあり、測温抵抗体の出力は後述の補機制御盤上の温度記録計に送られ、連続的に回流水の温度を記録するようになっている。水平部下流側の縮流部と接続するフランジの近くの円周方向4箇所にベンチュリ方式による圧力を計測する直径2mmの静圧孔を設け、第1計測洞縮流部（または第2計測洞計測部上流側）に設けた静圧孔と共にオートマノメーター（6.6参照）に接続し、計測部内の流速を計測する。また水平部には各格子の一辺が90mmの正方形で長手方向に長さが600mmの黄銅製の整流格子を設けた（写真—4.5）。



写真—4.5 整流格子

第1、第3および第4屈曲洞の水平部上面には、配管接続用のフランジを備えたドーム（内面はスノコ状の板で流れが乱されないように整形してある）を設け、それぞれ手動弁を経て圧力調整タンクへ配管がされている。これらのドームは水槽本体内の点検用マンホールも兼ねている。

なお、各屈曲洞の屈曲部には、断面が翼型の9~14枚の案内羽根を設け、屈曲部における流れを整流している。

4.4.4 直管洞

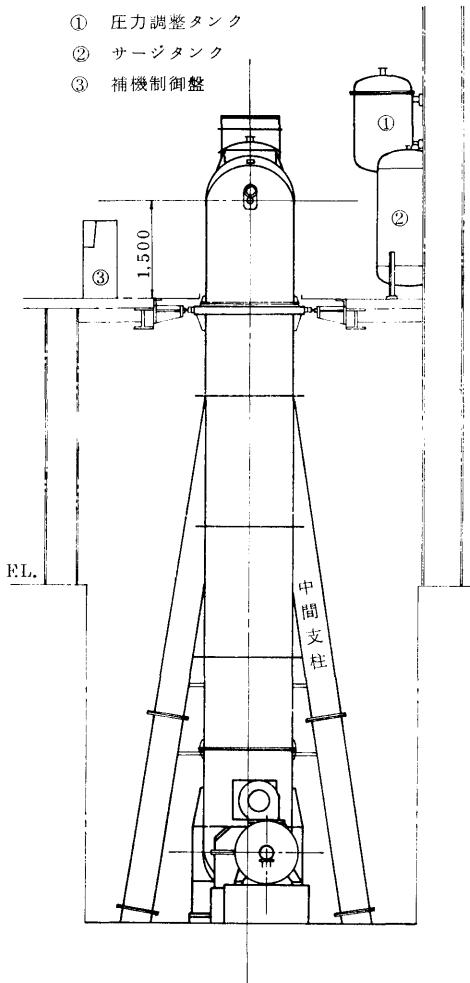
4.1で述べたように本水槽は豊型であり、その垂直部にあたるのが第2および第3直管洞である。

第2直管洞は内径1.35m、長さ6.8mで、下端から0.5m上方を中心として一辺が0.5mの正方形の内部点検用マンホールが設けられ、また上端から0.5m下がった側面からは、水槽本体内の圧力を調整する

ため、後述の圧力調整タンクへ配管がされている。

第3直管洞は内径2.12m、長さ6.8mで、第2直管洞と同様に下端から0.5m上方を中心として、一辺が0.5mの正方形の内部点検用マンホールが設けられ、また中央部には主プロペラ動力計のベッドを支持する支持柱の台座が設けられている。

0.2Gの地震時の強度を考慮して、各直管洞は水槽建屋の2階の床で支持されている（図—4.4参照）。そのため第2直管洞の上端部には水槽本体の横方向および長手方向の力を受ける正方形のフランジを設け、2階の床の四方の梁から合成ゴムを介して、24本のボルトにより支持されている。第3直管洞は水槽本体の長手方向には自由度をもたせて、横方向だけに第2直管洞と同様な方法により支持されている。



図—4.4 水槽側面図

4.4.5 送流装置

この装置は送流用インペラ、インペラ軸、減速機およびインペラ駆動用電動機等により構成されている。

主な機器の要目は次の通りである。

○インペラ要目

直 径 :	1,346 m
ピッヂ (0.8 R) :	1,360 m
展 開 面 積 比 :	0.80
ボス 比 :	0.37
翼 数 :	4

○減速機要目

減 速 比 :	1/2.74 (はすば歯車一段減速)
電動機側接手:	フレキシブルカップリング
インペラ側接手:	ギヤーカップリング

○インペラ駆動用電動機要目

定 格 :	355 kW, 440 V,
	850/1,150 rpm 連続
型 式 :	他励、防滴保護他力通風型, B種絶縁

電圧、回転速度調整範囲:

電圧制御 57.5~850 rpm

界磁制御 850~1,150 rpm

インペラ胴内にあるインペラは、第2届曲胴内に設けた滑り軸受と、軸貫通部に設けた自動調心ころ軸受によって支持されたインペラ軸に取付けられ、ギヤーカップリングを介して減速機に接続されている。さらに減速機はフレキシブルカップリングによりインペラ駆動用電動機に接続されており、中央操作盤(5.4 参照)においてインペラ駆動用電動機の回転速度を設定することにより水槽内に任意の流速が得られる。

インペラ胴の内面は機械加工を施してあり、その壁面とインペラ翼の先端との間隙は 2 mm である。

減速機の歯車は、はすば歯車で油密室に納められている。油温の最高限度は 80°C で、その値は附属の直読式温度計にて読み取ることが出来る。

減速機には、その他に入力側および出力側の軸受温度を計測するための接点付温度計が取付けてあり、その温度が 80°C まで上昇すると、自動的にインペラ駆動用電動機を回生制動で停止させる安全装置が設けてある。

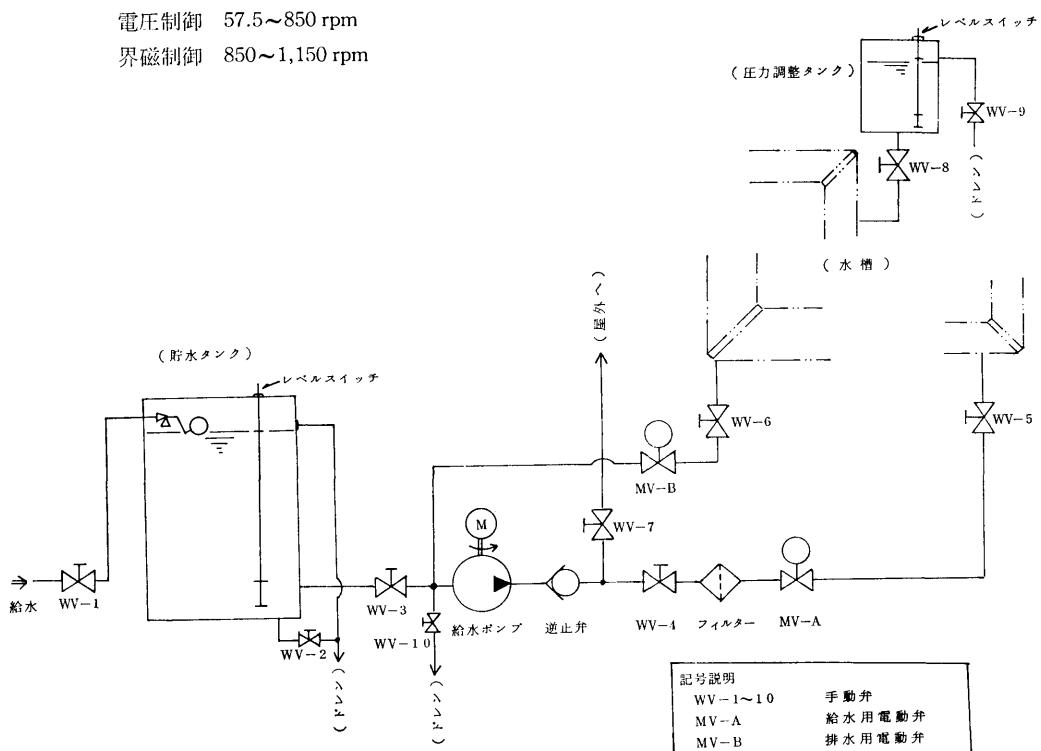


図-4.5 給排水装置配管系統図

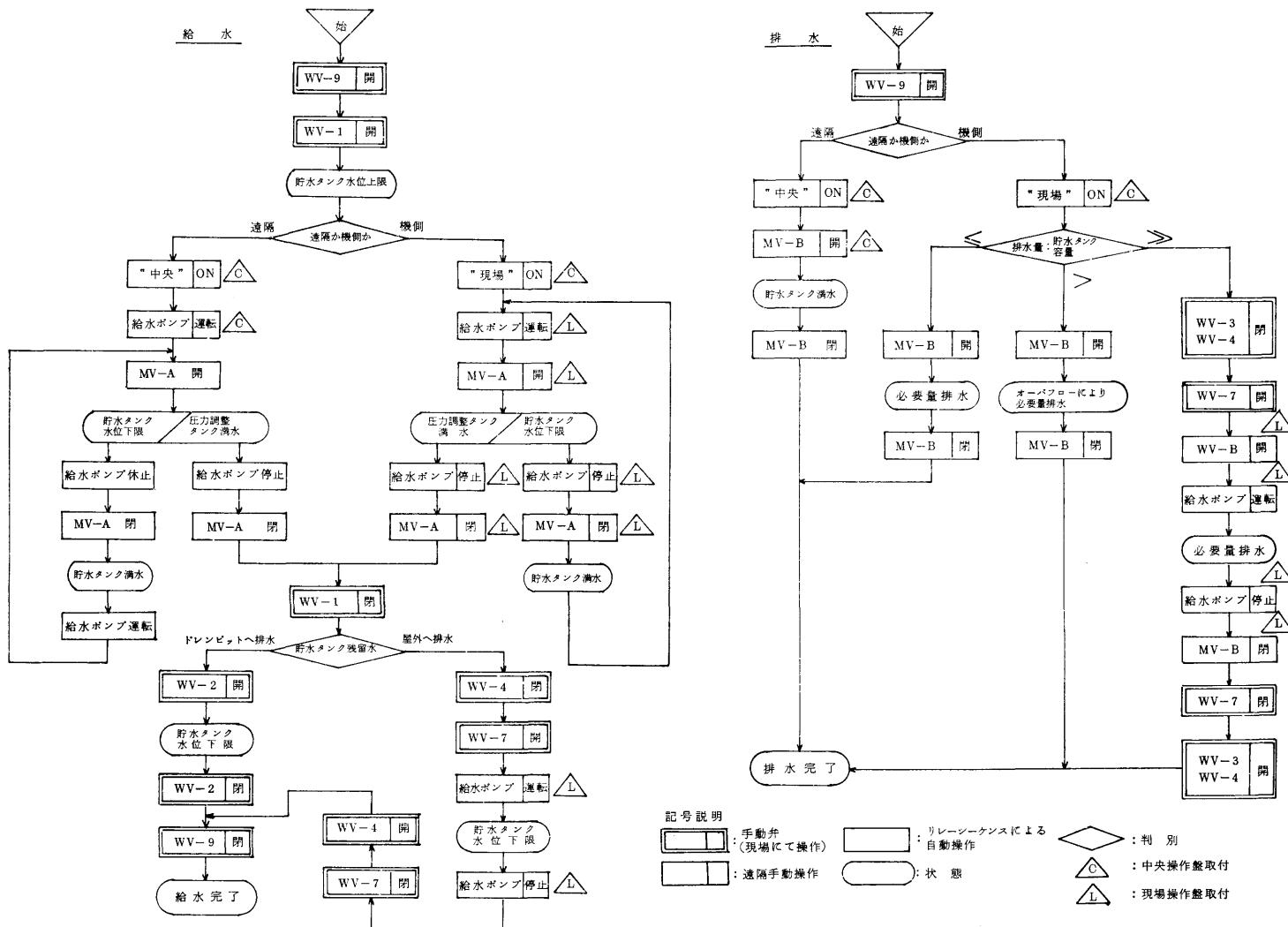


図-4.6 給排水装置操作フローチャート

インペラ駆動用電動機には、強制冷却用送風機が取付けてあり、強制的に冷却される構造となっている。その他に回転数検出用の歯車（100歯）と電磁パルス検出機が取付けられ、その出力はデジタル計測盤（6.9 参照）へ送られている。

4.4.6 給排水装置

4.4.6.1 概要

給排水装置の配管系統図および操作フローチャートを図-4.5と図-4.6に示す。給排水装置は水槽本体内への外部からの給水および水槽本体内の回流水を外部へ排水するための装置で、給水ポンプ、給排水用電動弁、フィルター、貯水タンク、レベルスイッチ等から構成され、補機制御盤（写真-4.6）または現場操作盤（写真-4.7）にて操作を行う。

給水される水は一般の水道水で、当推進性能部研究棟の屋上の上架水槽より供給する。供給水は基礎ピッ

ト内に設置されている貯水タンクに一旦入れ、その後に給水ポンプを使用し、フィルターを通して水槽本体内へ給水する。この水槽の使用水量は約 130 m^3 で、給水時間は約20時間である。

排水は水槽内の回流水を全部屋外へ排水する場合と模型プロペラを交換する場合のように一部分の回流水を排水する場合があり、図-4.5に示すように前者の場合は各手動弁類の開閉を調整した後に、給水ポンプを利用して屋外へ排水することが出来るよう配管されている。また後者の場合には排水用電動弁のみを開くことにより、位置水頭によって任意の排水量だけを貯水タンクへ排水出来るようになっていて、模型プロペラ交換等の作業が終ったときは、再び貯水タンク内の水を給水ポンプによりフィルターを通して、水槽本体内へ戻して使用出来る。なお貯水タンク、フィルターおよび給水管等は全てステンレス鋼を使用しているが、屋外への排水管だけが配管用炭素钢管（SGP）を使用している。

4.4.6.2 各機器の要目

- 1) 給水ポンプ（1台）

水	量	: $0.5\text{ m}^3/\text{min}$
揚	程	: 30 m
駆動電動機: 5.5 kW, 220 V, 50 Hz		
- 2) 給排水用電動弁（各1台）

弁	形	式	: 電動式玉形弁
口	径	: 65A, JIS 5K, FF	
駆動電動機: 0.1 kW, 220 V, 50 Hz			
開閉所要時間: 約13秒			
- 3) フィルター（1基）

ろ過精度	: 10μ	
流	量	: $0.5\text{ m}^3/\text{min}$
初期圧力損失: 0.25 kg/cm^2		
- 4) 貯水タンク（1基）

直	径	: 3.2 m
高	さ	: 4.5 m
容	積	: 約 36 m^3
- 5) 3電極式レベルスイッチ（2基）

電極間電圧	: AC 8V
接点容量	: AC 200 V, 5 A
動作抵抗	: $4\text{ K}\Omega$ 以下
復帰抵抗	: $15\text{ K}\Omega$ 以下

4.4.6.3 給排水装置の作動

給排水の操作は補機制御盤上の「中央」または「現場」の押ボタンにより、遠隔操作か機側操作かを選ぶ

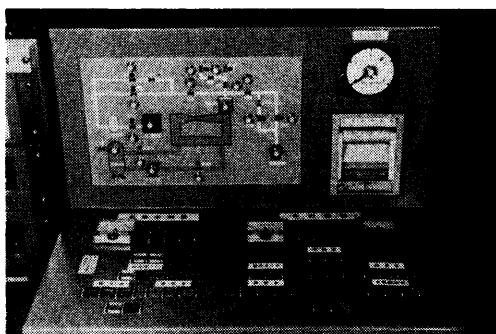


写真-4.6 補機制御盤

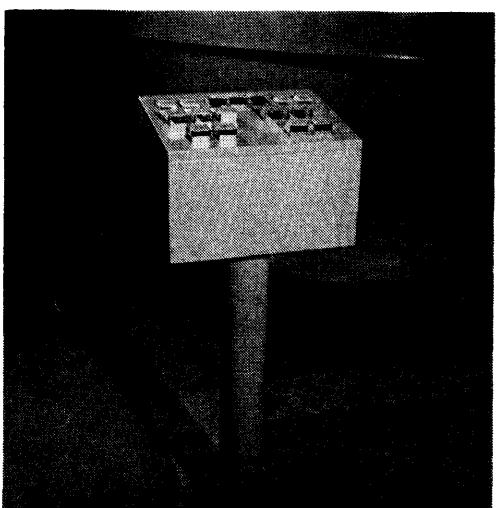


写真-4.7 現場操作盤

ことが出来る。中央の場合には補機制御盤で、また現場の場合には地下ピット内に設けた現場操作盤で各機器の操作を行う。

補機制御盤の前面には、本水槽の給排水系統の図示パネルがあり、各機器が作動状態にあるときは表示ランプが点灯する。

補機制御盤で給排水を行う場合は、給水ポンプの始動、停止および電動弁の開閉は貯水タンクおよび圧力調整タンクに設置した3電極式レベルスイッチからの信号により制御される。貯水タンク満水信号がオン、圧力調整タンク満水信号がオフの状態で給水ポンプが始動し、同時に給水用電動弁が自動的に開き給水が行われる。給水ポンプの始動は最初だけ「運転」ボタンを押す必要があるが、その後は自動的に「運転」「休止」の状態を繰り返して給水される。圧力調整タンクの満水信号がオンになると図示パネルに満水の表示ランプが点灯し、ベルが鳴り、自動的に給水ポンプが停止して電動弁が閉められる。

貯水タンクへの排水は、貯水タンク満水信号がオフのときに可能であり、排水用電動弁を開いて排水を行う。貯水タンクが満水になると図示パネルに貯水タンク満水の表示ランプが点灯し、電動弁は自動的に閉じられる。

貯水タンクの満水信号がオンのときは貯水タンクへの排水が出来ず、オフのときは給水が出来ないが、貯水タンクの満水信号はタンク内の水位が上限になってから下限になるまでオフの状態が続き、下限になってから上限になるまでオフの状態が続くので、補機制御盤内の貯水タンク満水信号の「リセット」または「オン」用スイッチを操作することにより、少量の水の給排水も可能である。また斜流用プロペラ動力計を設置して給水する場合、斜流用プロペラ動力計の上部に設けてある空気抜きの孔が小さいために、動力計内の水位の上昇が圧力調整タンク内の水位の上昇より遅れ、動力計内が満水になる以前に圧力調整タンク満水信号がオンになり給水は停止するが、やや時間をおいて動力計内の水位と圧力調整タンク内の水位が等しくなった後に、補機制御盤内の圧力調整タンク満水信号の「リセット」用スイッチを操作することにより、動力計内も含めて満水になるまで給水を行うことが出来る。

現場操作盤を使っての給排水では、レベルスイッチからの信号に関係なく給水ポンプの始動や停止、電動弁の開閉の手動操作が可能で、貯水タンクから水槽本体への給水、水槽本体から貯水タンクへの排水および

現場操作盤を使用しなければ行えない水槽本体から屋外への排水が出来る。なお給水ポンプの「停止」、排水用電動弁の「閉」の操作は、補機制御盤、現場操作盤のいずれからでも随時手動で行える。

4.4.7 圧力調整装置

4.4.7.1 概 要

圧力調整装置の系統図および操作フローチャートを図-4.7と図-4.8に示す。本水槽は従来のキャビテーション水槽と異り、水槽内の圧力の減圧だけでなく、流速が大きいので加圧することも可能であり、模型プロペラ軸心での静圧の圧力調整範囲は0.05~2.0 kg/cm² absである。

圧力調整装置は、減圧系、加圧系、大気開放系の三つの系統から構成されていて、これらの圧力調整系は全て粗調整と微調整とが可能になっている。

減圧時には真空ポンプを作動させて、サーボタンク内を減圧し、バルブステーション内の真空用弁と大気開放用弁を制御し、また加圧時には空気圧縮機からの圧縮空気を直接にバルブステーション内に導き、加圧用弁と大気開放用弁を制御して、それぞれ圧力調整タンク水面上の圧力を調整する。

圧力調整タンクは水槽建屋の鉄骨に取付けてあり、その下端から水槽本体の第2直管胴上部へ手動弁を介して配管がしてある。圧力調整タンクの基準水面は、水槽本体の模型プロペラ軸中心から1.2m上方に設定してあり、その上端からはバルブステーションへ配管がしてある。

バルブステーションの中では、いくつかのピストン弁を使用しているが、これらのピストンの作動には、加圧系と別の系列による圧力ヘッダーを介して、空気圧縮機の圧力を使用する。

圧力調整の制御は、全て補機制御盤によって集中制御され、弁類の開閉状態は図示パネルのランプの点滅によって表示される。

圧力調整タンク内の圧力は、圧力変換器を介して、補機制御盤に設けた圧力計に指示され、水槽内の模型プロペラ軸心上の圧力はオートバロメーター(6.5参照)によって計測し、ディジタル計測盤に表示されると共に印字も行われる。

4.4.7.2 各機器の要目

1) 真空ポンプ(1基)

形 式： 油回転真空ポンプ (PKS-0162)

排 気 量： 1,600 l/min

駆動電動機： 2.2 kW, 220 V, 50 Hz

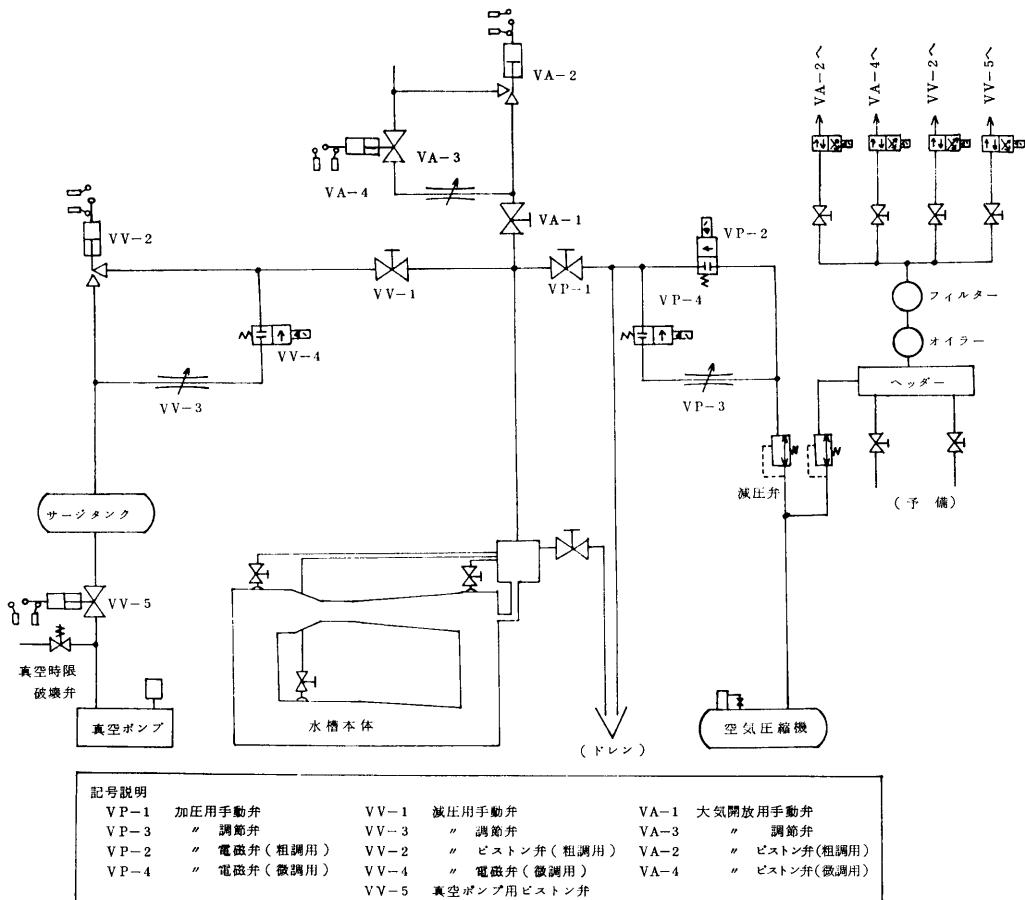


図-4.7 圧力調整装置系統図

2) サージタンク (1基)

内 径: 1.0 m
高 さ: 約 1.5 m
容 積: 約 1.4 m³

3) 空気圧縮機 (1基)

最高使用圧力: 10 kg/cm² G
ピストン押しのけ量: 460 l/min

空気槽の容量: 105 l
駆動電動機: 1.5 kW, 220 V, 50 Hz

4) 圧力調整タンク (1基)

内 径: 0.9 m
高 さ: 約 1.1 m
容 積: 約 0.9 m³

4.4.7.3 圧力調整装置の作動

水槽本体内の圧力調整は、手動操作で圧力調整タンク水面上の圧力を減圧または加圧して所定の圧力値に

調整する。圧力調整の操作は補機制御盤によって、バルブステーション内に設置した真空用、加圧用および大気開放用の電磁弁またはピストン弁を遠隔操作することにより行われる。バルブステーション内の各弁類の作動状態は給排水と同様に補機制御盤の前面の図示パネルに表示ランプにより示される。

空気圧縮機は一度始動されれば、その空気槽内の圧力を常に 8.5~10.0 kg/cm² G に保つように始動、休止が繰り返される。圧縮空気は水槽本体内加圧用のほかピストン弁の作動用としても使われており、バルブステーションの入口に設けた減圧弁により、水槽本体内加圧用は 2.5 kg/cm² G、ピストン弁作動用としては 4 kg/cm² G にそれぞれ減圧されている。ピストン弁作動用の圧縮空気は、圧力ヘッダーに送られ、そこに取付けられた圧力スイッチが作動して補機制御盤面の「準備完了」ランプが点灯する。この「準備完了」ラ

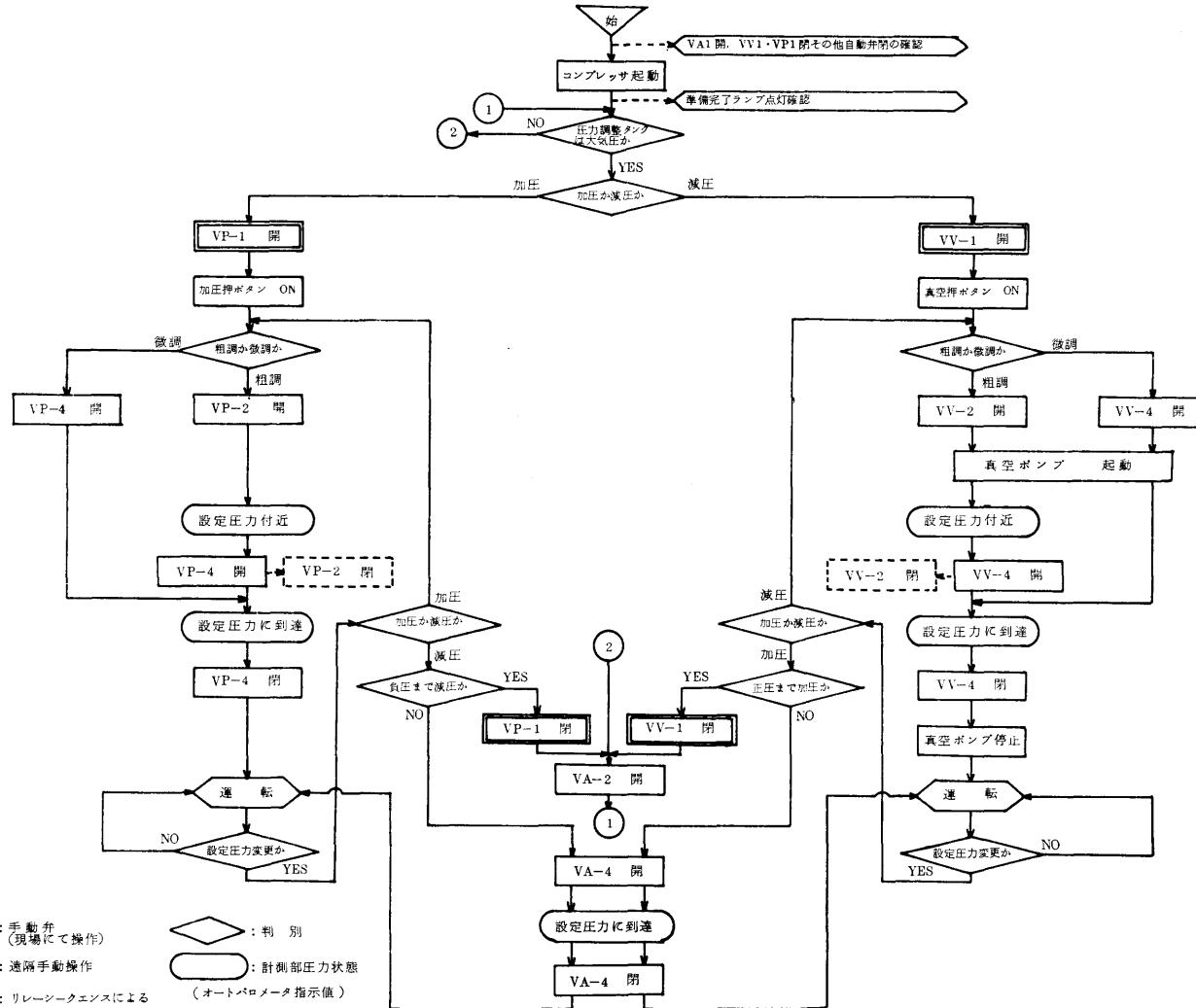


図-4.8 圧力調整装置操作フローチャート

ンプが点灯していない場合には、全ての圧力調整操作が不可能である。

真空ポンプを始動させると補機制御盤内にて設けあるタイムスイッチにより数秒遅れて、真空ポンプとサージタンクの間の配管途中に取付けてあるピストン弁が開き、真空ポンプを停止させると瞬時に閉じて、真空ポンプに隣接して設けてある真空時限破壊弁が作動して、真空ポンプ内は大気開放となり、次回の真空ポンプ作動時に無理なトルクが作用しないようになっている。

5. 電 気 設 備

5.1 概 要

大型キャビテーション水槽の電力は、400 m 試験水槽北端の主動力室より給電することとし、主動力室内に高圧コンデンサを新設して力率を改善し、それによって生じた余剰電力を大型キャビテーション水槽電気室へ給電し、あわせて波形の改善にも資するようにした。

各可変速電動機の電源としては、速度制御精度および応答速度の点からすべてサイリスタ電源装置を使用することとした。これは K&R 社としても初の試みであったがすべて順調に働いている。

5.2 受電設備

キャビテーション水槽の電源系路の単線図を 図一-5.1 および 図一-5.2 に示す。

本水槽でインペラ、主プロペラ動力計、斜流用および模型船用プロペラ動力計駆動用として使用する 3 相 3 線式 3,300 V は、400 m 試験水槽主動力室内に分電盤を新設して分岐し、キャビテーション水槽電気室内の 1,000 kVA 受電盤で受電される。受電された 3,300 V はインペラ駆動用 3 相 460 V の 750 kVA 変圧器、主プロペラ動力計駆動用 3 相 460 V の 300 kVA 変圧器および斜流/模型船用プロペラ動力計駆動用 3 相 220 V の 75 kVA 変圧器により変電され、それぞれのサイリスタ電源装置に供給される。また、これらの電源装置の制御用電源は制御用高圧盤を通じ 3,300 V で受電して 3 相 210 V の 30 kVA および 2 kVA の変圧器により変電し、供給される。駆動用および制御用電源のサイリスタ電源装置への投入は、電気室にある高圧配電盤面でも建屋 2 階にある中央操作盤からでも高圧配電盤面にある「遠方—直接」スイッチの切替えにより可能である。

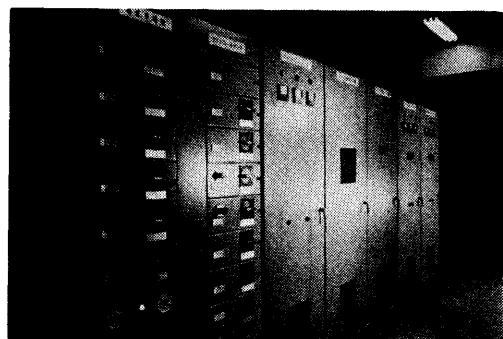
一般動力用の 3 相 3 線式 220 V および照明等用の

単相 3 線式 105 V は 400 m 試験水槽主動力室内にある既設の分電盤より分岐し、キャビテーション水槽電気室の低圧配電盤で受電される。主動力室と本水槽電気室との間は地下ケーブルで接続され、高圧ケーブルはれき青管で、低圧ケーブルはトラフで保護されている。受電された 220 V は低圧配電盤およびコントロールセンタ（動力用配電盤）の NFB を介しクレーン、各種ポンプ、空気圧縮機駆動電源、操作電源等に使用される。

5.3 インペラおよびプロペラ動力計駆動設備

本水槽では、インペラ駆動用直流電動機ならびに主プロペラ動力計、斜流用および模型船用プロペラ動力計の回転速度の設定はアナログ制御により行なわれる。

各電動機駆動装置は、三菱電機製 THL-Eu サイリスタ電源装置（写真一-5.1）であり、駆動電動機軸に直結した直流回転計発電機の出力電圧と中央操作盤上に



写真一-5.1 サイリスタ盤

ある直流定電圧電源と可変抵抗器の組合せによる回転速度設定電圧との偏差電圧をサイリスタ電源装置にフィードバックし制御している。制御方式は、3 相全波逆並列結線サイリスタ方式で正転・逆転とも制御可能である。ただし、インペラ駆動の場合のみ逆転時の回転が機械的な条件から制約されるので逆転時は警告ブザーが鳴る。回転速度制御は、各プロペラ動力計駆動装置では全範囲が電機子電圧制御方式で、インペラ駆動装置では回転数 57.5~850 rpm までは界磁電流を一定として電機子電圧を変化させて制御しているが、850~1,150 rpm までは電機子電圧を一定として、界磁電流を変化させて制御している。駆動電動機および制御装置の仕様を表一-5.1 に示す。斜流用プロペラ動力計と模型船用プロペラ動力計のサイリスタ電源装置は兼用でき、各々のプロペラ動力計駆動電動機に主回路

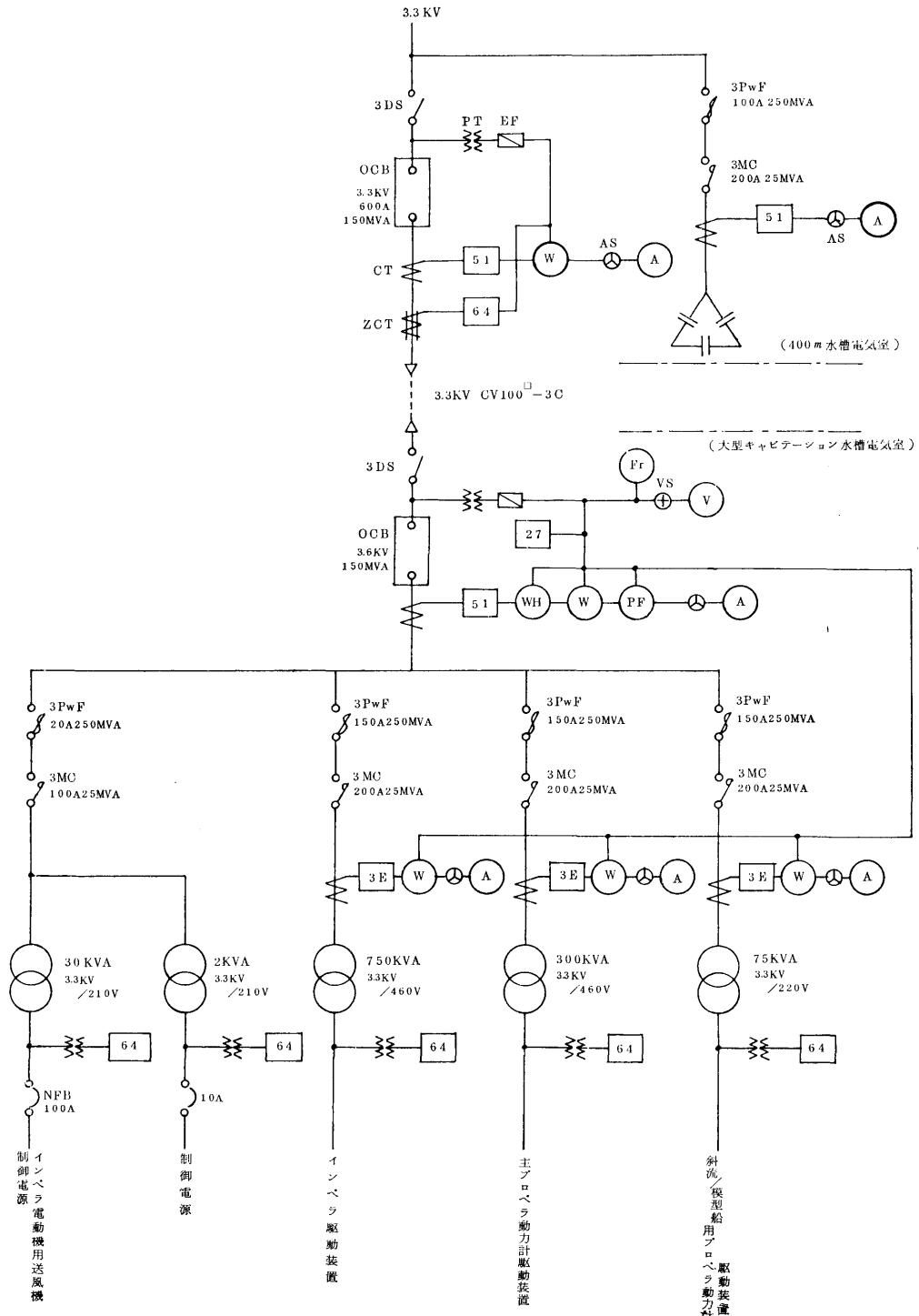


図-5.1 電源系統単線図（高圧系）

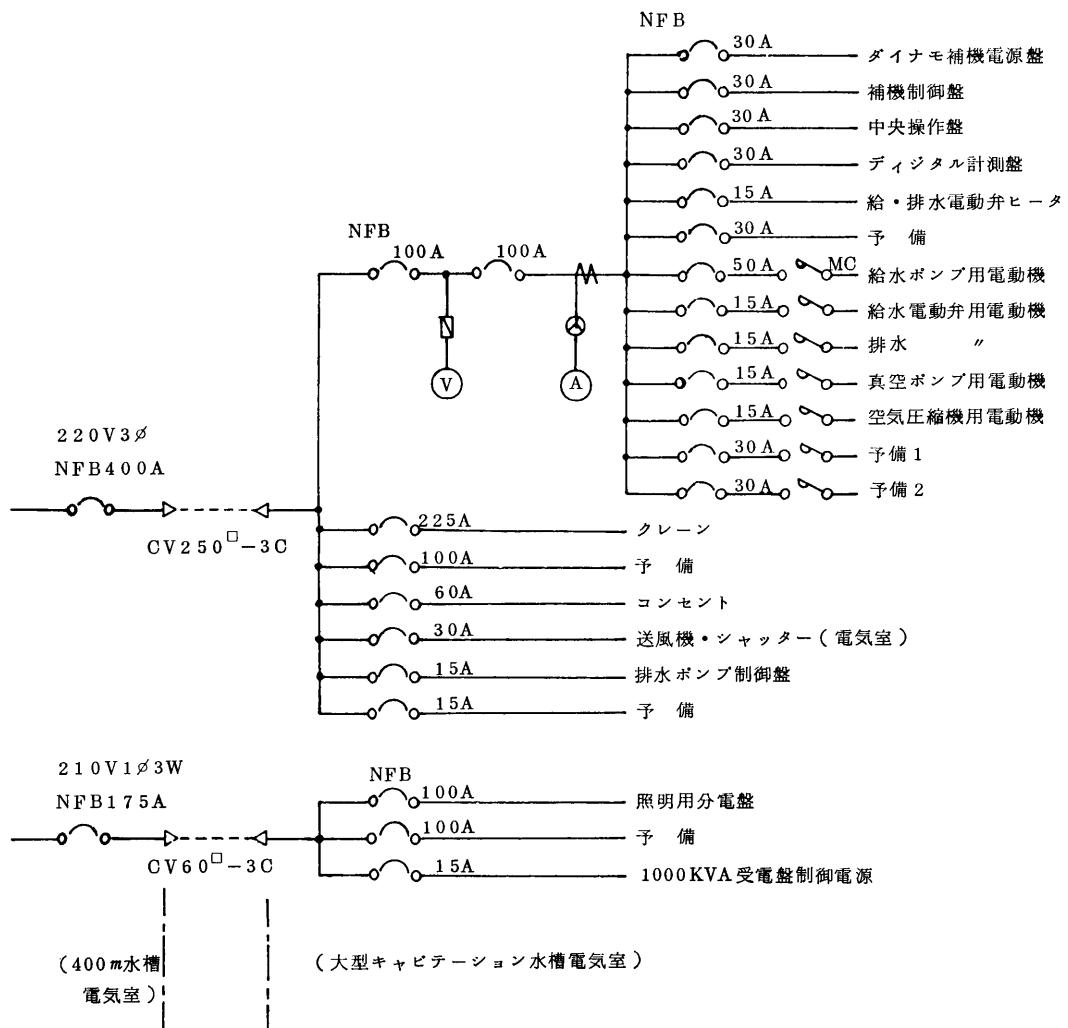


図-5.2 電源系統単線図（低圧系）

表-5.1 電動機および速度制御装置仕様

		インペラ	主プロペラ動力計	斜流用プロペラ 動力計	模型船用プロペラ 動力計
駆動電動機	定格出力 (kW)	355	111	31	10
	定格回転数 (rpm)	1,150	3,600	3,000	2,000
	電圧 (VDC)	440	440	220	220
	定格	連続	連続	連続	連続
制御装置	回転数制御範囲	57.5~1,150	240~3,600	200~3,000	134~2,000
	回転方向	可逆	可逆	可逆	可逆
	安定精度	±0.5% FS 以内	±0.1% FS 以内	±0.2% FS 以内	±0.2% FS 以内

および補助回路のケーブルを接続すれば各種回路の切換が自動的に行える。

インペラ駆動装置の保護のために、過電圧、過速度、サイリスタユニット故障が検出された時はサイリスタ電源装置内の直流しゃ断器をしゃ断して電動機を停止させ、過電流、電動機過熱、送風用電動機過電流、主電源接地、制御電源接地、減速機過熱、界磁電流零の場合には電動機を回生制動で停止させる。プロペラ動力計駆動装置の場合は上記検出項目から送風用電動機過電流、減速機加熱、制御電源接地が除かれ、プラグ結合不良が加わっている。主プロペラ動力計へのケーブルは動力計用ベッド側面で、斜流用および模型船用プロペラ動力計へのケーブルは建屋2階東に設置したケーブル接続盤で着脱が可能となっているが、動力計へのケーブルをはずした場合は動力計駆動用電動機の界磁抵抗に相当する抵抗を結線したダミープラグを接続することにより「界磁電流零」の故障を表示しないようにした。

5.4 中央操作盤

中央操作盤（写真—5.2）は次の役割をもつ。

(1) 制御電源の投入・しゃ断

電気室に設置した制御用高圧盤のしゃ断器を照光式押しボタンの「制御電源入」で投入し、「切」でしゃ断する。

(2) 各電動機電源の投入・しゃ断

電気室に設置した各電動機電源用変圧器1次盤のしゃ断器を「正転」または「逆転」ボタンにより投入し、「停止」ボタンによりしゃ断する。非常の場合は「非常停止」ボタンにより一括して全電動機を停止させることができる。

(3) インペラおよび動力計駆動用電動機の回転数設定

各回転数設定用可変抵抗器を操作して回転数を設定するが、可変抵抗器が零位置になっていないと各電動機は始動できず、回転数が各電動機の定格値以上になると「故障（過速度）」の表示ができる。主プロペラ動力計の場合は油ポンプが動作していないと、また斜流/模型船用プロペラ動力計の場合はそれぞれの動力計の選択ボタンが押されていないと始動できない。

(4) 各種表示

「電源」：各サイリスタ制御盤に操作電源が投入されていれば点灯する。盤面右上の各電源表示灯が全部点灯していれば、駆動電源・制御電源・操作電源とも電動機駆動が可能な状態にある。

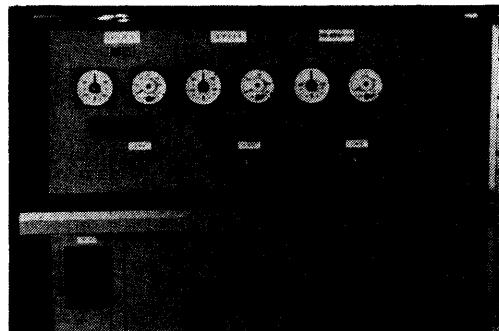


写真-5.2 中央操作盤

「故障」：各電動機駆動電源装置の故障が一つでも検出されれば点灯し、ブザーが鳴る。電気室内の各制御盤面に表示された故障原因を除去した後、「リセット」ボタンを押すと故障表示機能は復帰する。

6. 計測装置

6.1 概要

計測器としては表-6.1に示すようなキャビテーション水槽として一般的なものを設置した。

計測装置の指示および記録は、給排水装置などと共に中央操作盤に隣接して設置したディジタル計測盤によって集中的に行なう。各種の計測量はすべてA-D変換されてディジタル計測盤の盤面に表示され、印字器で記録される。また各種動力計のトルクおよびリストのアナログ記録用信号もとり出すことができる。

ディジタル計測盤を中心とした計測系の構成を図-6.1に示す。

6.2 主プロペラ動力計

主プロペラ動力計は第1計測胴で試験を行なうときに使用する動力計でK&R社のJ-26型である。その外観を写真-6.1に示す。

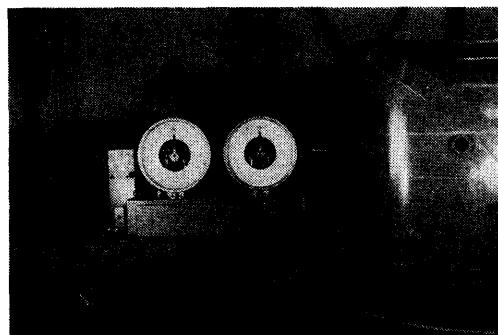


写真-6.1 主プロペラ動力計

(26)

表-6.1 計測装置一覧表

名称と型名	容 量	精 度	要 目
主プロペラ動力計 K&R社, J-26型	トルク $\pm 30 \text{ kg}\cdot\text{m}$ スラスト $\pm 600 \text{ kg}$ 回転速度 60 rps	0.2% F.S.	トルク; 電動機の反力, スラスト; 天秤式 電動機出力; 最大 111 kW , 常用プロペラ; 直径 $300\sim 350 \text{ mm}$
斜流用プロペラ動力計 K&R社, H-38型	トルク $\pm 10 \text{ kg}\cdot\text{m}$ スラスト $\pm 200 \text{ kg}$ 回転速度 50 rps	0.3% F.S.	トルク, スラスト; ひずみ計——スリップリング方式 傾斜角; $-8^\circ \sim 12^\circ$ 電動機出力; 31 kW
模型船用プロペラ動力計 K&R社, R-46型	トルク $\pm 4 \text{ kg}\cdot\text{m}$ スラスト $\pm 70 \text{ kg}$ 回転速度 33.3 rps	0.3% F.S.	トルク, スラスト; ひずみ計——スリップリング方式 電動機出力; 10 kW
圧力測定装置 日本航空計器 AHM-5AS型 オートバロメータ	$0\sim 1,600 \text{ mmHg}$	0.1% F.S.	水銀柱サーボ追尾, 耐圧 $5 \text{ kg}/\text{cm}^2$
流速測定装置 日本航空計器 AHM-5A型 オートマノメータ	$0\sim 1,600 \text{ mmHg}$	0.1% F.S.	水銀桂サーボ追尾, 耐圧 $5 \text{ kg}/\text{cm}^2$
ウェークレーク	8 m/s		プラントル型ピトー静圧管 $\times 14$
多管マノメータ	$1,000 \text{ mmHg}$	最小目盛 1 mm	
デジタル計測盤			ひずみ計; 6 chs, 低域ろ波器; 6 chs 計数器 $\times 3$, 表示器 (4桁) $\times 6$ 印字制御装置, 印字器 (18桁)

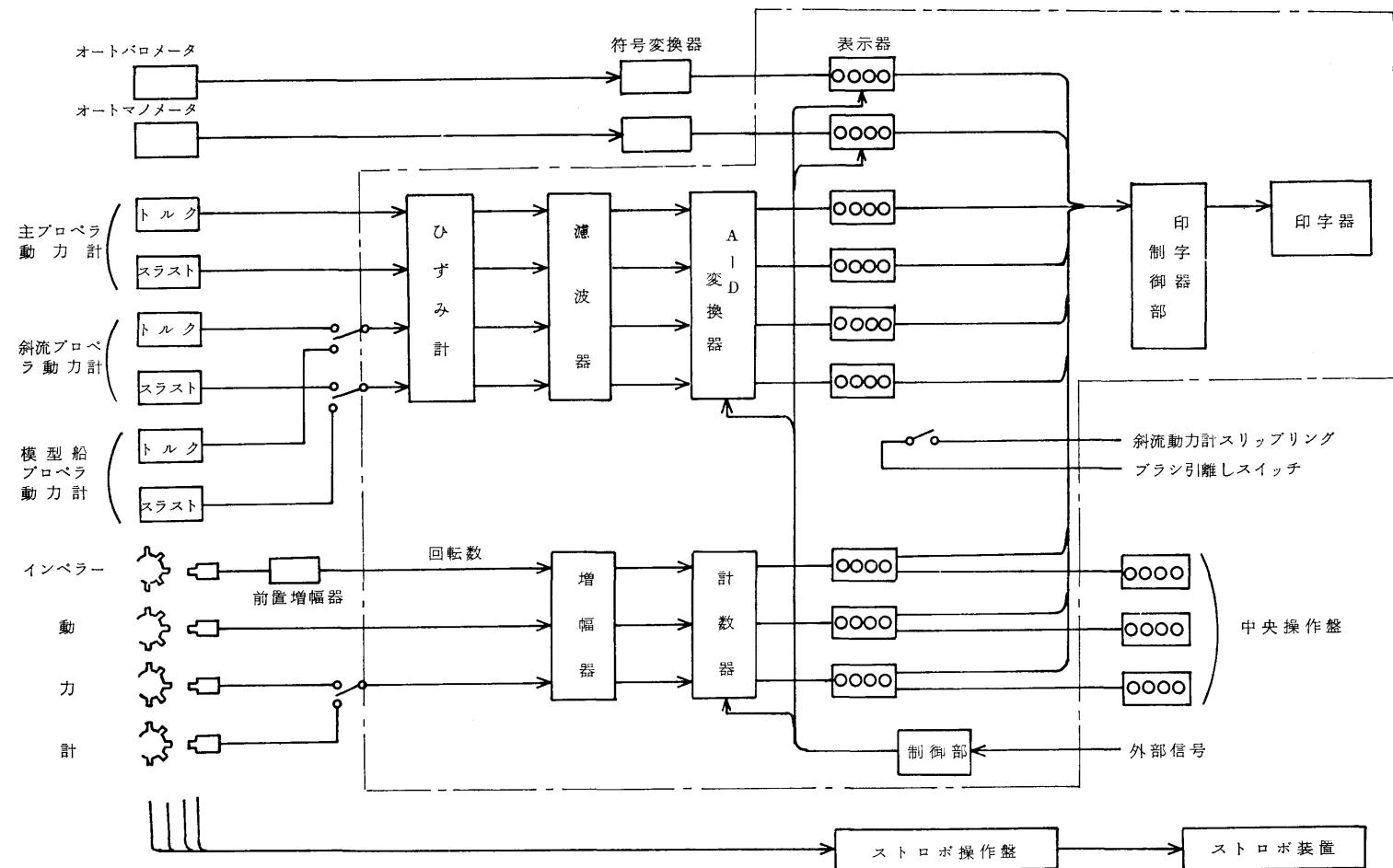


図-6.1 計測系構成図

第4屈曲胴の外端部に設置されている動力計用ベッドの上にとりつけられた主プロペラ動力計のプロペラ軸のスリーブは、第4屈曲胴および縮流胴を貫通して第1計測部に達している。プロペラ軸の先端は模型プロペラの大きさによって軸径が 15 mm, 22 mm および 32 mm の3種類に変えることができて、それぞれ 3 kg-m, 10 kg-m および 30 kg-m のトルクまで使用できる。また動力計はベッドの上をプロペラ軸と共に移動できるようになっていて不用のときは後退させておくことができる。主プロペラ動力計の軸方向の移動は後述のストロボ操作盤にあるスイッチ(鍵つき)、あるいは主プロペラ動力計の側面にあるスイッチ(鍵つき)によって行なう。

模型プロペラが生ずるトルクは油圧式軸受けで支持されているプロペラ駆動用電動機のトルクの反力をとして検出され、複雑な天秤機構を経てメカニカル指示計に伝達される。スラストは駆動電動機にかかる力がトルクと同様に天秤機構を経てメカニカル指示計に伝達される。

それぞれの天秤機構には油式ダンパが装備されていて最適な制動状態に調整されている。

さらに、トルクおよびスラストはそれぞれの天秤機構に機械的に連結された変換器およびそれらとケーブルによって接続したディジタル計測盤内のひずみ計によって電気信号に変換され、A-D 変換されて表示器に実荷重表示される。

回転速度は電磁パルス検出器と 100 轫歯車によって検出されてディジタル計測盤の計数器に伝達される。

ストロボフラッシュ同期用の電磁パルス検出器も附属しており、その同期信号はストロボ操作盤を経てストロボ装置に送られる。

6.3 斜流用プロペラ動力計

本動力計は K & R 社製の H-38 型で、第1計測部

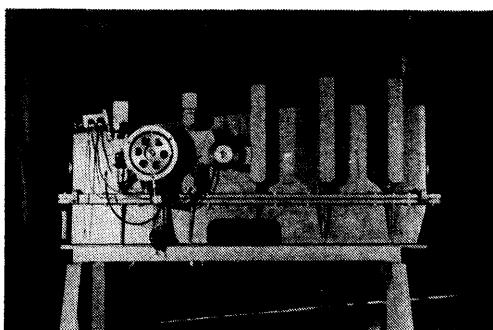


写真-6.2 斜流用プロペラ動力計

(28)

の上面窓ガラス 2枚をとりはずしてそれらの窓枠によりつけて使用する。その外観を写真-6.2 に示す。本動力計は軸心を含む垂直面内で上流に向って下向き 8°, 上向き 12° の範囲で任意の傾斜角に軸を設定できるので斜流中のプロペラの試験を行なうことができる。また、前項で述べた主プロペラ動力計と組合せて二重反転プロペラの試験も可能になっており、これら 2台の動力計の軸端を連結する軸およびスリーブが用意されている。

トルクおよびスラストは機械的バネと抵抗線ひずみ計を組合せた変換器で検出されて、それぞれスリップリング、ブラシおよびケーブルを介してディジタル計測盤のひずみ計に伝達される。斜流用プロペラ動力計のひずみ計は次項で述べる模型船用プロペラ動力計と共用になっており、コネクタを差し換えて使用する。出力は主プロペラ動力計と同様に実荷重で表示されて印字器で記録される。

本動力計の軸、検出部および歯車機構部は高度に気密が保たれる構造になっており、さらに湿気によって変色する除湿剤が軸室内にあり、透明な有機ガラス製の小窓をおして見ることができ、水の浸入を監視することができる。

主プロペラ動力計と同様に回転速度検出用とストロボフラッシュ同期用の電磁パルス検出器が装備されていて、それぞれディジタル計測盤の計数器とストロボ操作盤にケーブルで結ばれる。

また、外部から供給された圧縮空気によって作動するスリップリングとブラシの切り離し装置が内蔵されていて、ディジタル計測盤にあるスイッチによって操作できる。

6.4 模型船用プロペラ動力計

本動力計は K & R 社製の R-46 型動力計で、第2計測部にとりつけられた模型船のプロペラ軸に連結して使用する。プロペラ駆動用電動機、歯車機構部、トルク、スラスト検出部およびプロペラ軸から成っている。その外観を写真-6.3 に、模型船にとりつけた状態を写真-6.4 に示す。駆動用電動機の軸と歯車機構部の間はスライド軸で結合されており容易に分離できる。プロペラ軸、トルク、スラスト検出部および歯車機構部は模型船にとりつけて、電動機はその台座と共に第2計測部の上面の角窓のガラスをはずしてその窓枠にとりつけて使用する。

トルク、スラスト、回転速度およびストロボフラッシュ同期用パルスの検出は前項の斜流用プロペラ動力

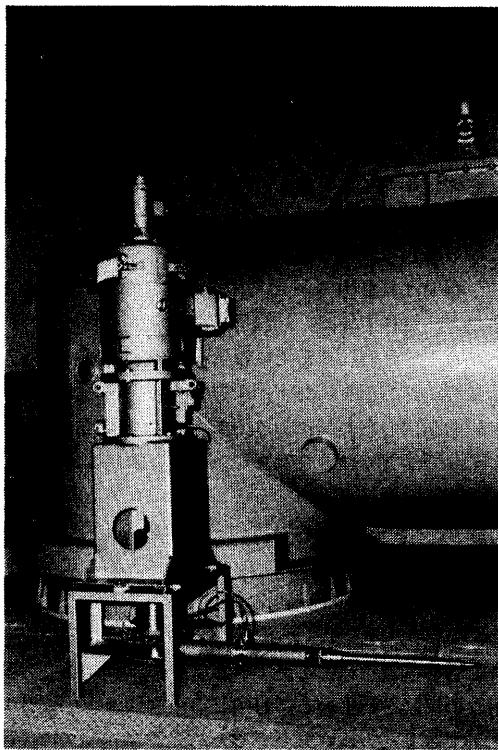


写真-6.3 模型船用プロペラ動力計



写真-6.4 模型船用プロペラ動力計の取り付け

計と同様にそれぞれ抵抗線ひずみ計および電磁パルス検出器で行なわれる。ひずみ計および計数器は斜流用プロペラ動力計と共にになっている。

6.5 圧力測定装置

本装置は第1計測部の軸中心における静圧を測定するもので、日本航空計器株式会社製 AHM-5AS 型オートバロメータである。その外観を写真-6.5 に示す。水槽とビニール管で接続されていて、光学的検出

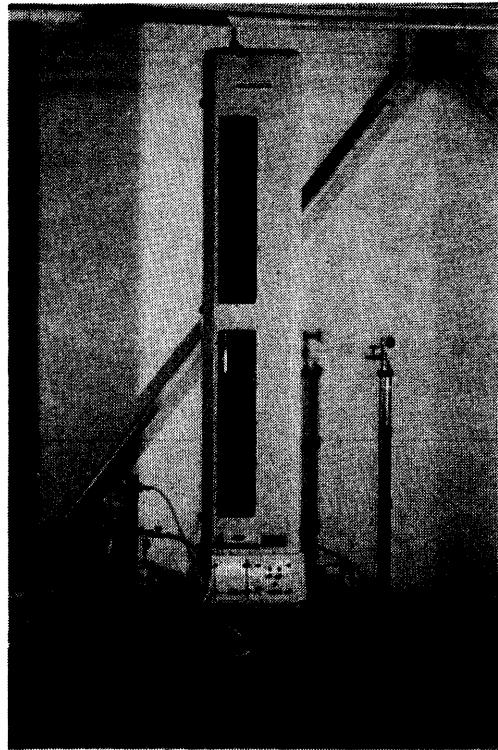


写真-6.5 オートバロメータ

器とサーボ機構で水銀柱を追尾してその高さを符号変換器（シャフト・エンコーダ）によって A-D 変換したのち本装置の下部にある表示器で表示される。さらにその表示値はケーブルによってディジタル計測盤に送られて表示、記録される。

6.6 流速測定装置

本装置は第1および第2計測部のベンチュリ管の差圧を検出して流速の測定をするもので、日本航計器株式会社製 AHM-5A 型オートマノメータである。その外観を写真-6.6 に示す。原理、表示、記録などは前項の圧力測定装置と同様である。

6.7 ウェークレーク

ウェークレークは第1計測部の模型プロペラ位置での流速分布を計測するためのもので、第2計測部を使用する場合はすべて水槽外にとりはずしておくものである。

ウェークレークは 14 本の プラントル型 ビトー静圧管を櫛型にとりつけたウェークレークヘッド、それをとりつけて水槽外に置かれた 14 連の多管マノメータへ接続するビニール管を通すための中空軸などから構

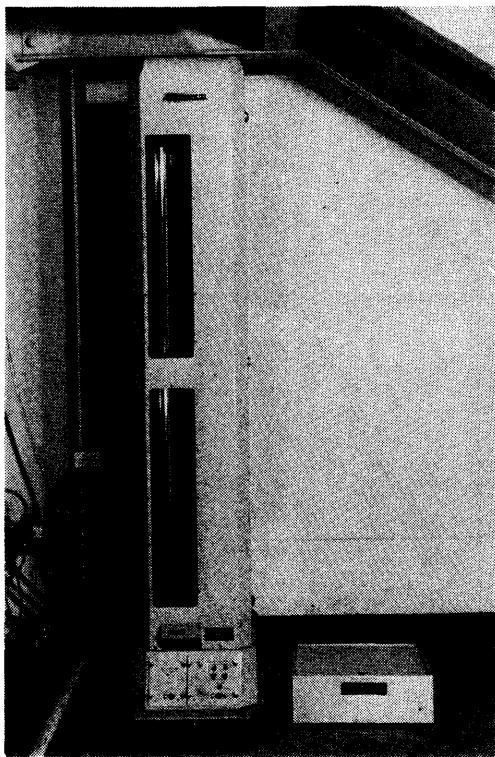


写真-6.6 オートマノメータ

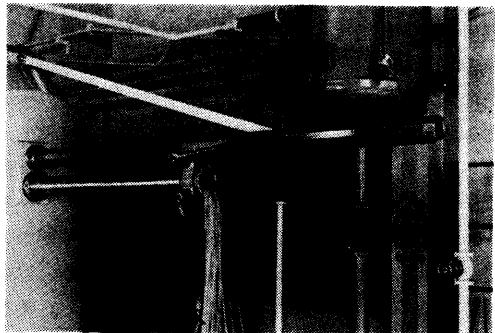


写真-6.7 ウェークレークのラック

成されている。中空軸は第1計測部の軸方向の任意の位置で流速分布を計測できるように第1屈曲洞の外端に設けられたラックとピニオンによる摺動装置（写真-6.7）により移動できる。ウェークレークヘッドは図-6.2に示すように中空軸の先端へボルト1本でとりつけられて、各ピートー管に接続されている圧力導入管と中空軸の圧力導入管はそれぞれOリングによって気密を保って接続される構造になっている。

流速分布を計測するとき、中空軸を回転させて任意

の角度に設定する必要があるために軸方向摺動装置の端にウォームギヤによる回転装置が設けられていて、手動ハンドルによって任意の角度にウェークレークヘッドを設定できるようになっている。

流速分布を計測しないときは、中空軸の先端からウェークレークヘッドをとりはずし、その代りに別に用意されているキャップをとりつけて摺動装置で下流方向に移動しておき、装置全部をとり外す必要はない。

中空軸は長さ約4mのもの3本と、0.2mのもの1本で構成されていて、計測部を交換する場合のようにとりはずす必要があるときは逐次中空軸を外へ引きだして接続部を引きはなす。中空軸を撤去したあとは第1屈曲洞内の屈曲部にある中空軸の軸受けには専用のキャップがとりつけられて流れを乱さないようになっている。

6.8 マノメータ

本マノメータは14組のU字管をパネルに並べてとりつけた自立型、キャスターつきのものである。写真-6.8にその外観を示す。各U字管の下端は水銀のレベルを容易に揃えることができるようバルブを経て連通管に接続されている。U字管の上端は3方コックとなっており一方は空気ぬきのための連通ヘッダに接続されている。連通ヘッダは真空ポンプのサージタンクにビニール管で接続している。他方はビニール管でウェークレークに接続されている。

水銀柱読みとり用のスケールは全長1m、目盛は1mmおきで零が中央にある。計測するときは目視で水銀柱の高さを読みとって記録する。

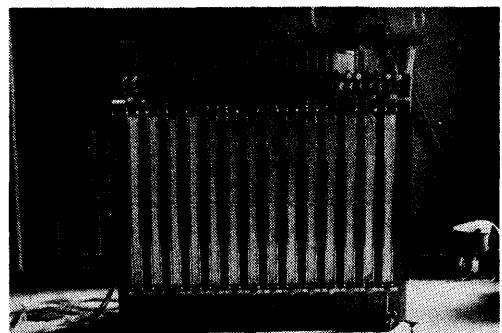


写真-6.8 多管マノメータ

6.9 ディジタル計測盤

各動力計用ひずみ計、低域ろ波器、各動力計の回転速度測定用の計数器、各種表示器、印字制御装置、印字器などを1つの標準型ラックに収めたもので中央操

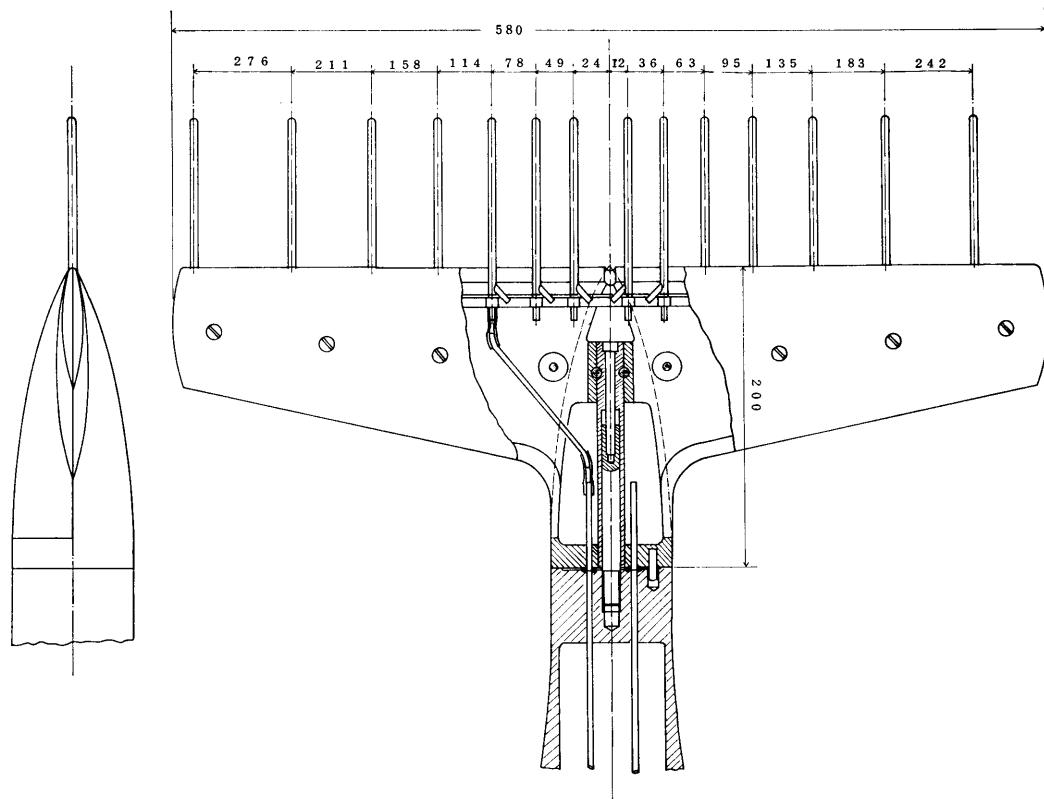


図-6.2 ウェークレークヘッド

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量をデジタル表示し、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きた 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る、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あげて、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あ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。

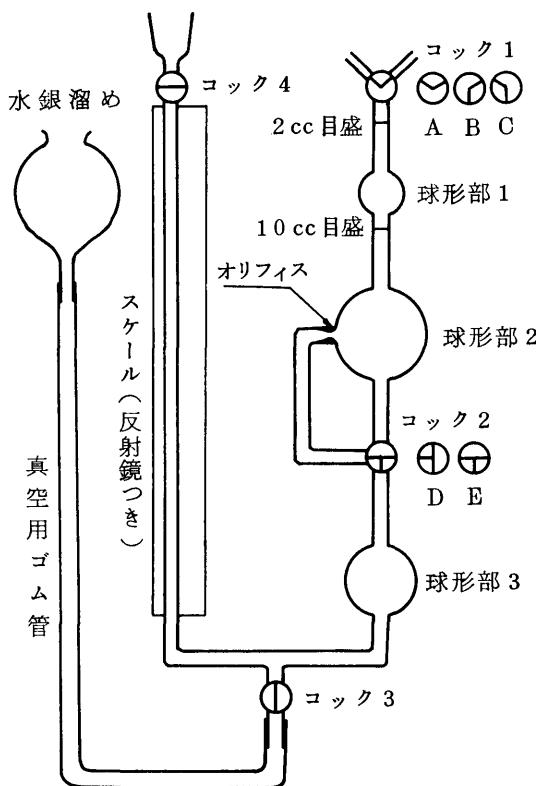


図-6.3 空気含有量測定装置

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・シャールの法則により、

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

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、

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

となる。水 $1l$ 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 $1l$ 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、

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

となる。

サンプル水 2 cc のときの各温度における c_s の値を表-6.2 に示す。サンプル水が 10 cc のときは係数 c_s 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、重錐皿をレバーにつけて重錐をのせて行なう。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するようになっている。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とりつけて、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ィ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_s の値

水温 ($t^{\circ}\text{C}$)	0	5	10	15	20	25	30	35
c_s	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、ディ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。

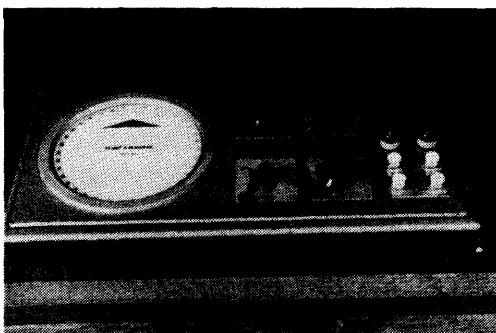


写真-6.9 ストロボ操作盤

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なる。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)。

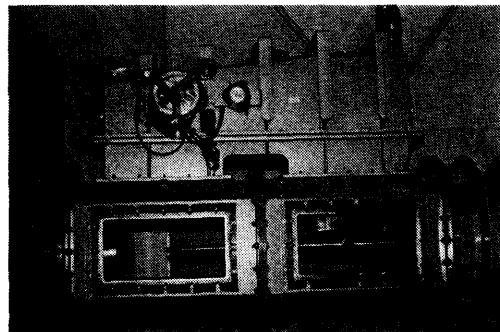


写真-6.10

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なう。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に用いており、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計測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

(34)

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、水槽内の圧力をある時間内、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に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低下が見られる。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。

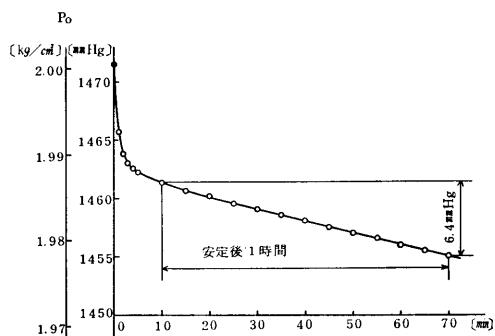


図-7.1 加圧漏洩試験結果

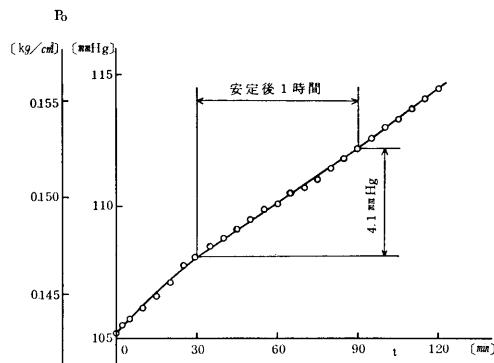


図-7.2 減圧漏洩試験結果

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内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ノメータにより計測し、次式により算出した。

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

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 m

D_0 = 縮流部下流側内径; 75 cm

H = オートマノメータ指示値; 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。図中、記号 p.f. は次式で定義される power factor で、キャビテーション水槽の効率を表わ

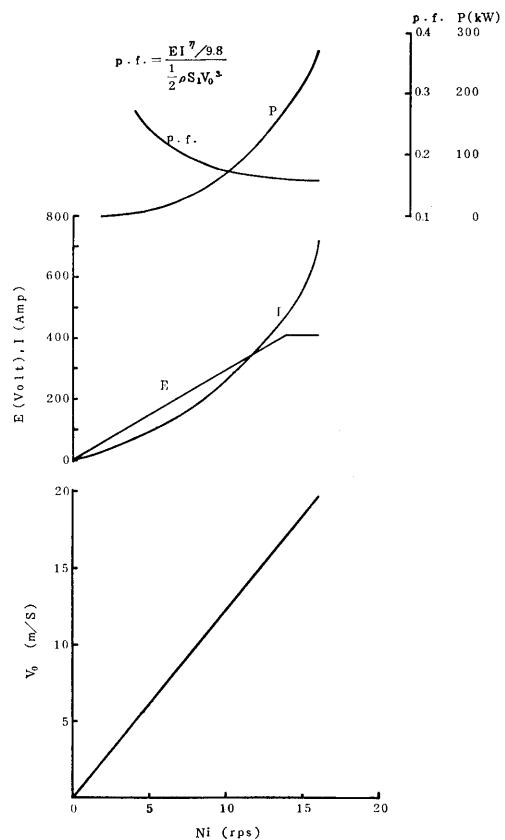


図-7.3 流速試験結果

すものである。

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

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、オートマノメータの容量に余裕が無くなつたため、これ以上の測定は行わなかつた。

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 $2\sim3 \mu\text{m}$ 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 ウェークレーク較正試験

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較正試験を400m水槽において行った。この較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

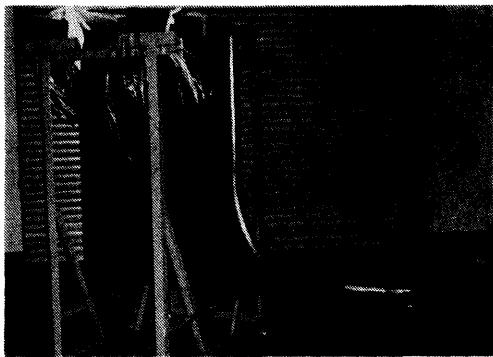


写真-7.1 ウェークレーク較正装置

写真-7.1 に示す。動圧の測定には 14 連の水銀マノメータを使用した。

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、低速では水銀マノ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。

$$k = V_c/V_p$$

表-7.1 ピトー管係数

ピト一管番号	ピト一管半径位置 (m/m)	ピト一管係数
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

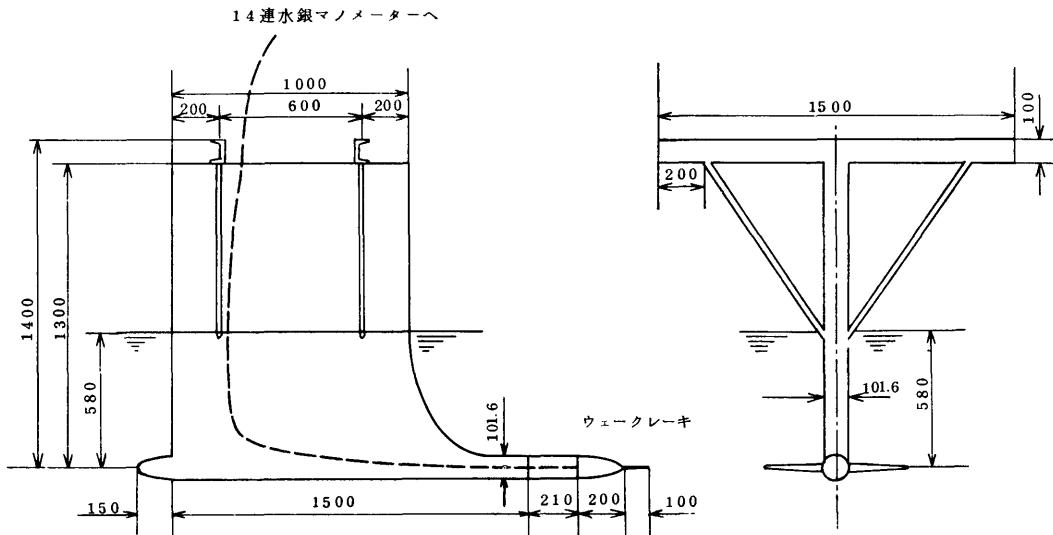


図-7.4 ウェークレーク較正装置

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_e =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に、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、 $L_a=0.7\text{ m}$ 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_w	上流側		下流側	
	L_a	0.330 m	—	1.452 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) に取りつけられたスケールの目盛りの読みであり、 $L_w=0.33\text{ m}$ は計測部上流側の観測窓の中央の、 $L_w=1.452\text{ m}$ 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 $0.7R$ 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○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プおよびこれを支える軸受からの伴流によるものと考えられる。

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。

$L_d=2.5\text{ m}$ 、 $V_0=6\text{ m/sec}$ 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 ($L_w=0.33\text{ m}$ 、 $L_a=3.3\text{ m}$) にお

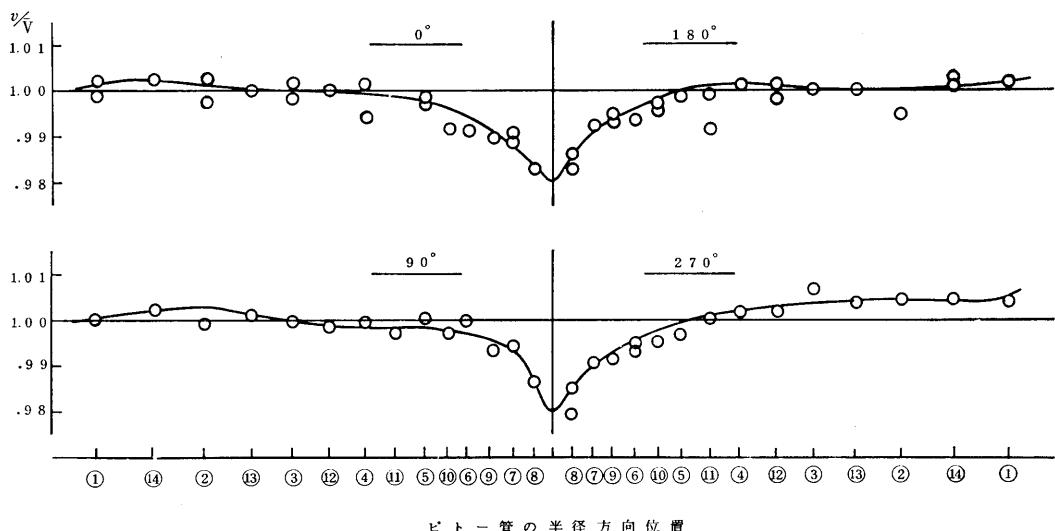


図-7.5 上流側観測窓中央の半径方向流速分布

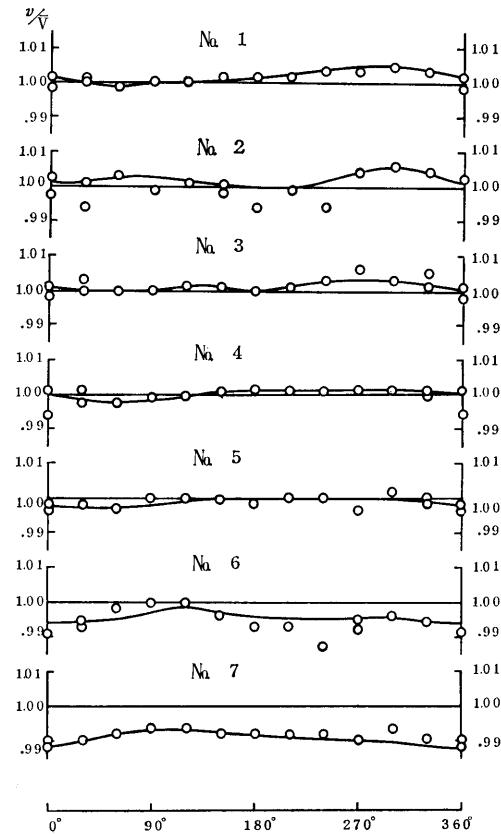


図-7.6 上流側観測窓中央の円周方向流速分布

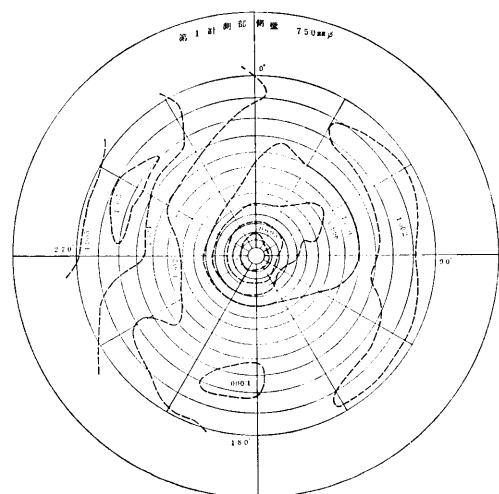


図-7.7 上流側観測窓中央の等速線図

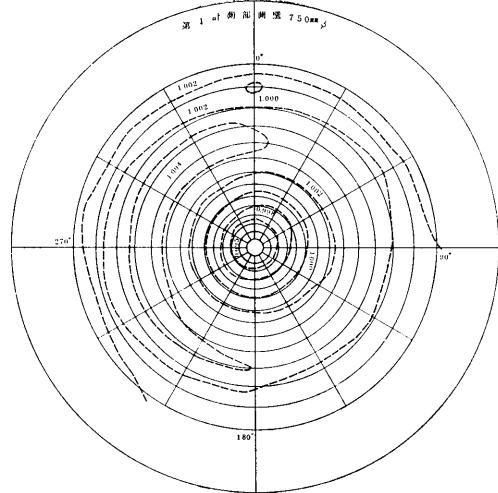


図-7.8 下流側観測窓中央の等速線図

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_d が2.5mと3.3mの時の上流側の、図-7.12は L_d が2.5mと1.4m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。

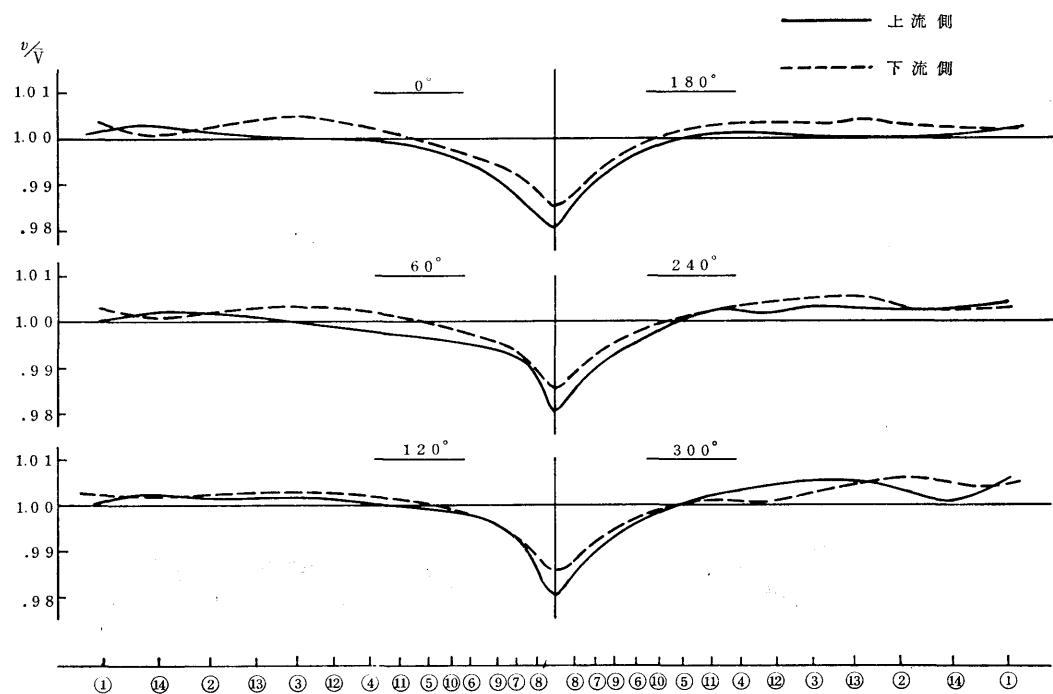
7.2.5 試験可能範囲の測定試験

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。

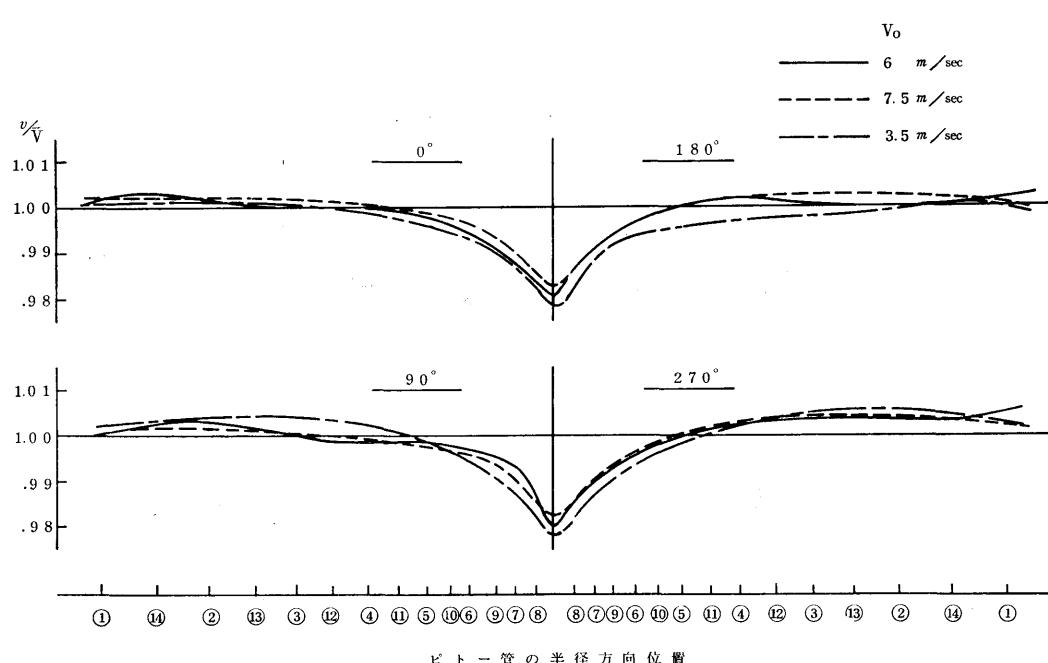
(1) コンテナタンク内の圧力 p_0 を設計上限値の2.5kg/cm²abs.および下限値の0.05kg/cm²にそれぞれ一定に保ち、流速を変化させたときの計測部中心線上の圧力 p_0 の変化を測定し、 p_0 の上限および下限を求めた。なお、圧力調整タンクを大気に開放し、同様に p_0 の変化も求めた。

(2) キャビテーション係数 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



図—7.9 半径方向流速分布の比較



図—7.10 流速分布におよぼす速度の影響

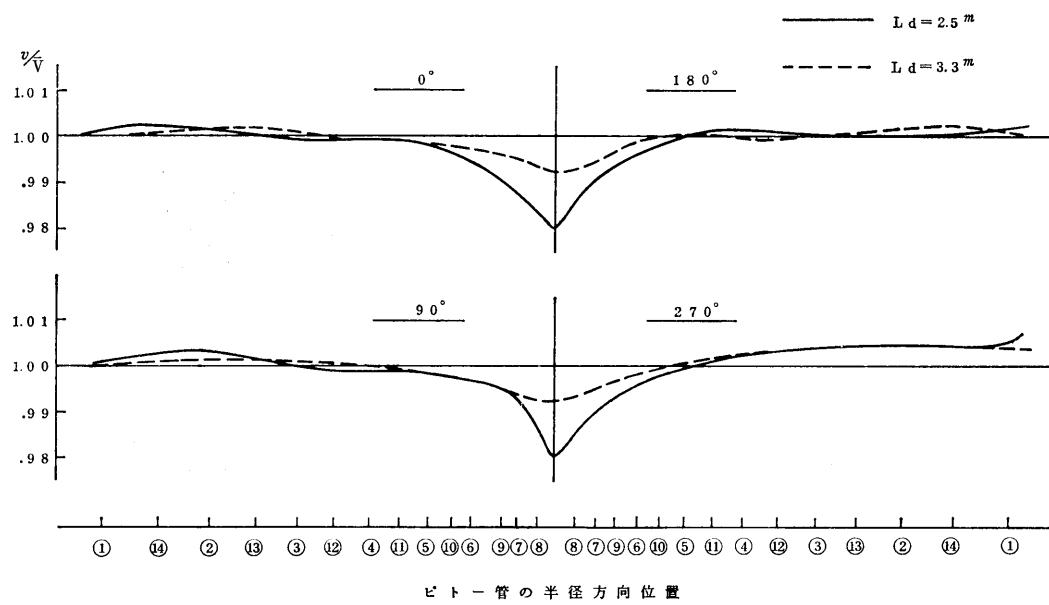


図-7.11 動力計位置の流速分布におよぼす影響（上流側観測窓中央）

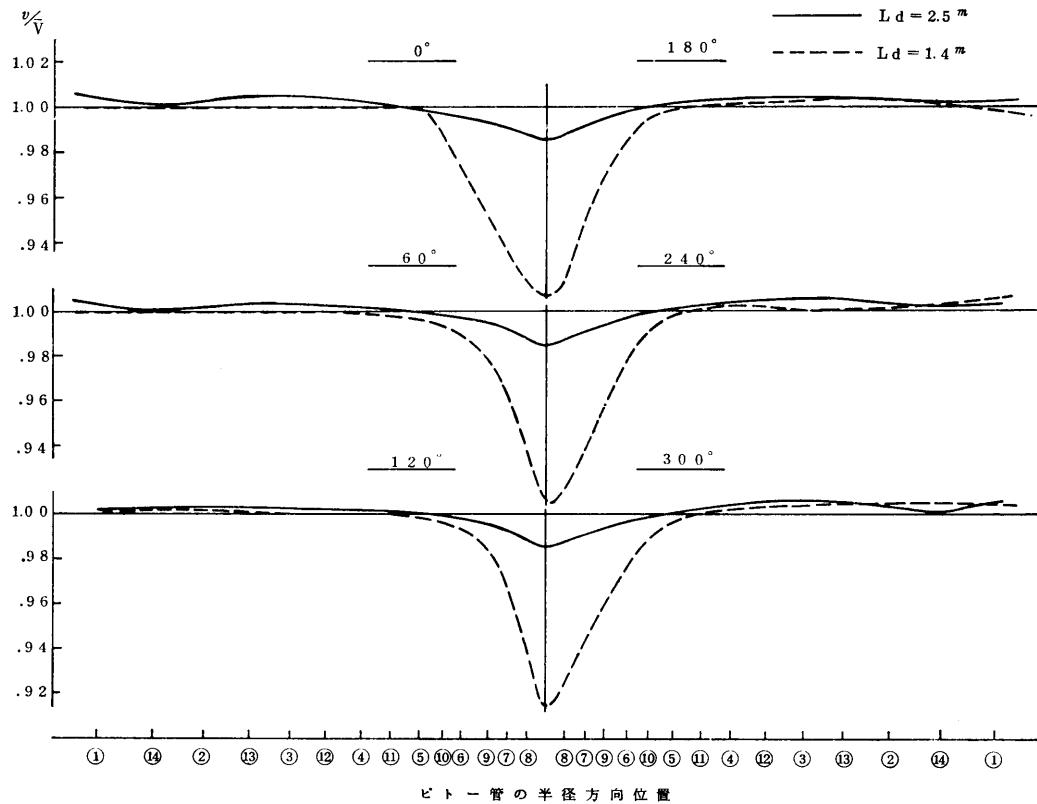


図-7.12 動力計位置の流速分布におよぼす影響（下流側観測窓中央）

- $\sigma = 0.2$
- △ $P_c = 0.05 \text{ kg/cm}^2$
- ◊ $P_c = 1.0 \text{ kg/cm}^2$
- $P_c = 2.5 \text{ kg/cm}^2$

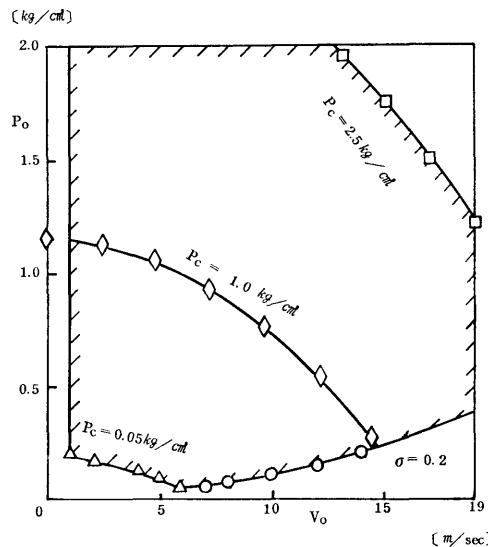


図-7.13 試験可能範囲

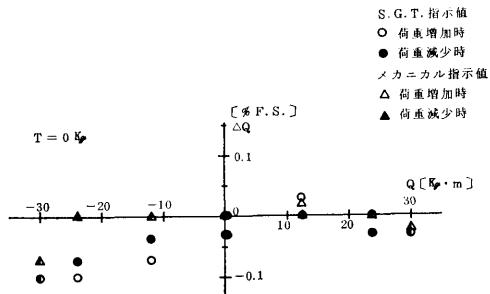
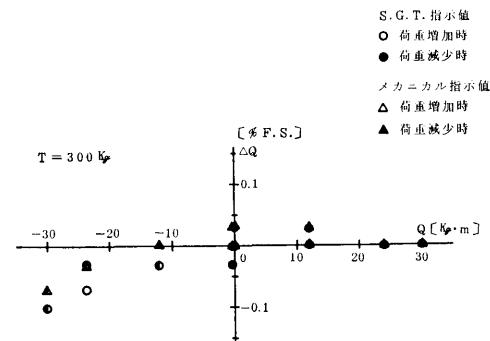
の記号は実験点を表わし、ハッチングした領域が試験可能範囲である。

圧力調整タンク内の圧力が $2.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$ 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、ディジタル計測盤に表示されたトルクの指示値を記録した。

較正是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、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 ($T=0 \text{ kg}$)図-7.15 主プロペラ動力計トルク較正試験結果 ($T=300 \text{ kg}$)

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。

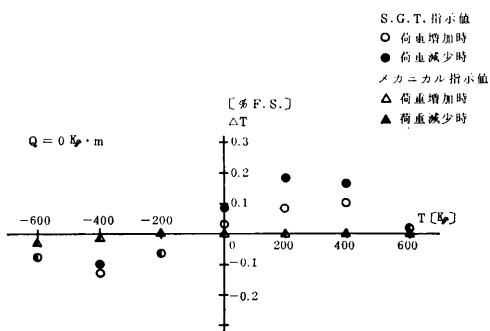


図-7.16 主プロペラ動力計トラスト較正試験結果 ($Q=0 \text{ kg}\cdot\text{m}$)

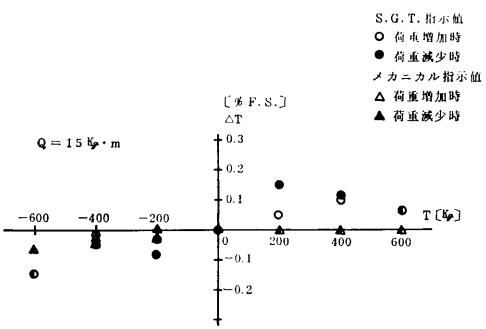


図-7.17 主プロペラ動力計トラスト較正試験結果 ($Q=15 \text{ kg}\cdot\text{m}$)

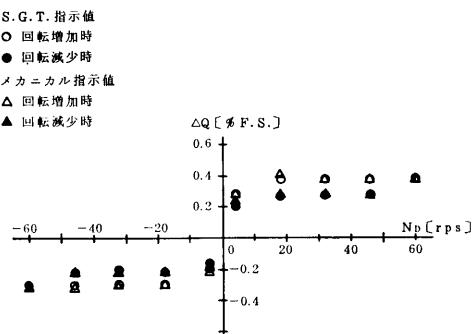


図-7.18 主プロペラ動力計無負荷試験結果

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±0.4%程度であった。

7.2.7 斜流用プロペラ動力計較正および無負荷試験

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

トルク較正試験では、スラストとして0および100kgの静荷重が加わった状態で、1, 2, 5, 10および12kg·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±0.3%の精度内に入っている。

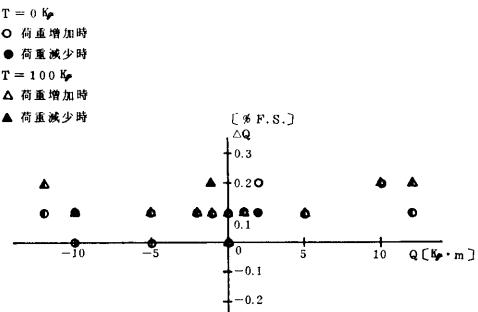


図-7.19 斜流用プロペラ動力計トルク較正試験結果

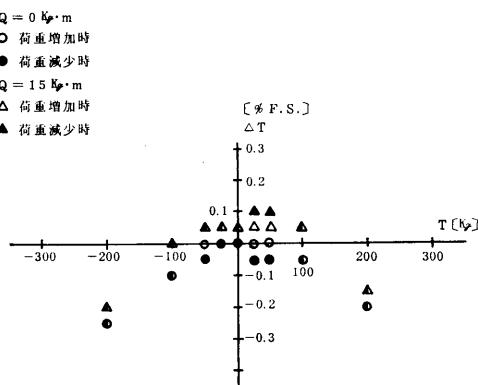


図-7.20 斜流用プロペラ動力計スラスト較正試験結果

スラストの較正試験では、トルクとして0および5kg·mの精荷重が加わった状態で、25, 50, 75, 100, 200および250kg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±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回り方向を正、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

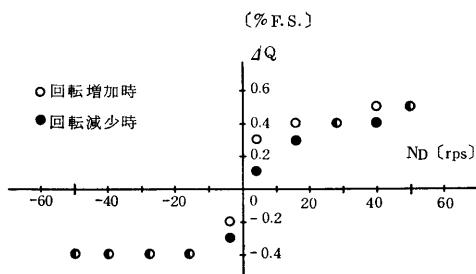


図-7.21 斜流用プロペラ動力計無負荷試験結果

に示す。円筒内と計測部内の試験結果はほとんど変わりず、アイドルトルクの最大値はいずれも F.S. の $\pm 0.5\%$ 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

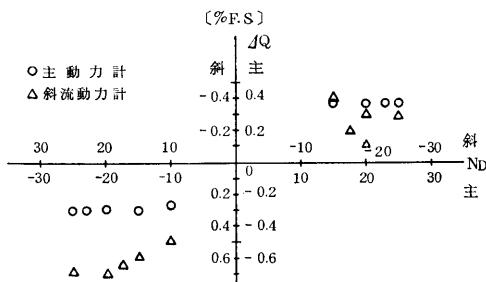


図-7.22 2重反転プロペラ無負荷試験結果（トルク）

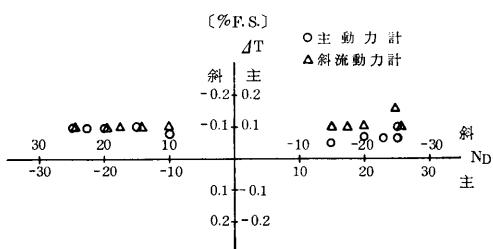


図-7.23 2重反転プロペラ無負荷試験結果（スラスト）

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	

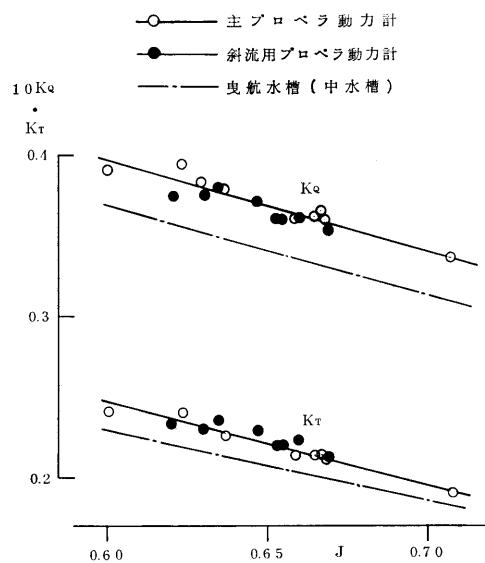


図-7.24 主および斜流用プロペラ動力計負荷試験結果

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、キャビ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、キャビ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 にはキャビテーション水槽の試験で通常みられるよう多少の差があった。

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 mmHg (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。

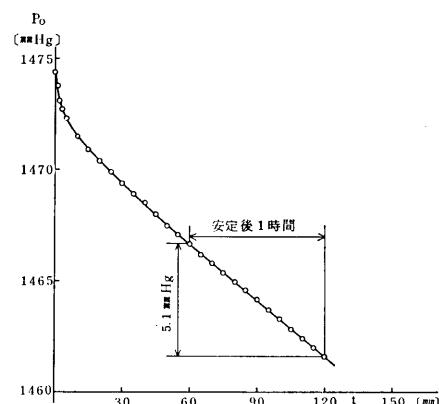


図-7.25 加圧漏洩試験結果

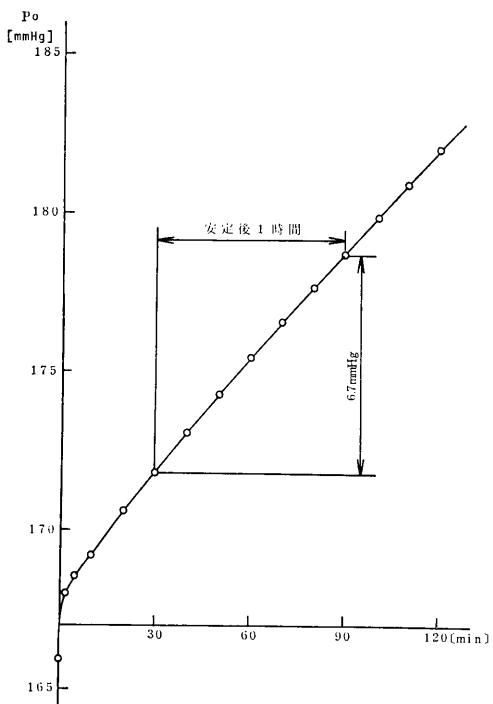


図-7.26 減圧漏洩試験結果

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。

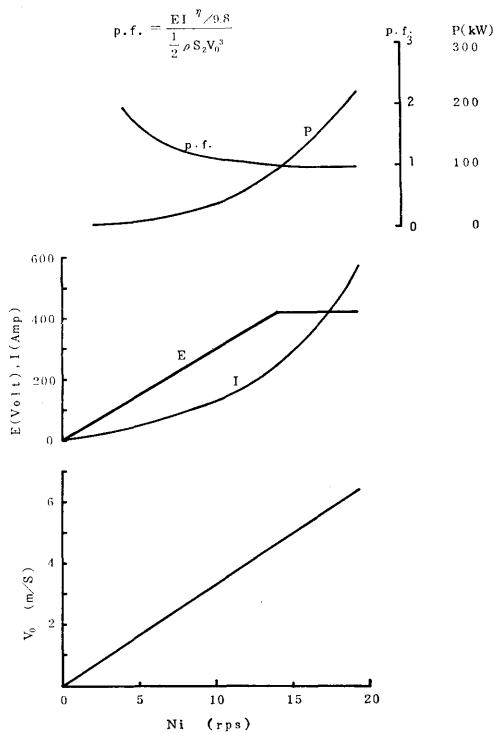


図-7.27 流速試験結果

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に、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内に挿入し、固定した。動圧の測定は四臭化エタンマノメータで行った。

計測位置は図-7.28に示すように、流れ方向に3個所、横方向に2個所、合計6個所で、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、コンテナターンク内の圧力は大気圧とした。

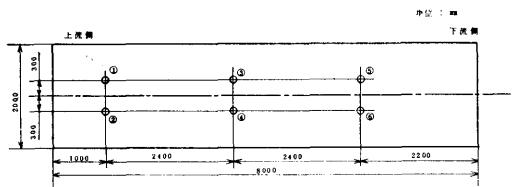


図-7.28 流速分布測定位置

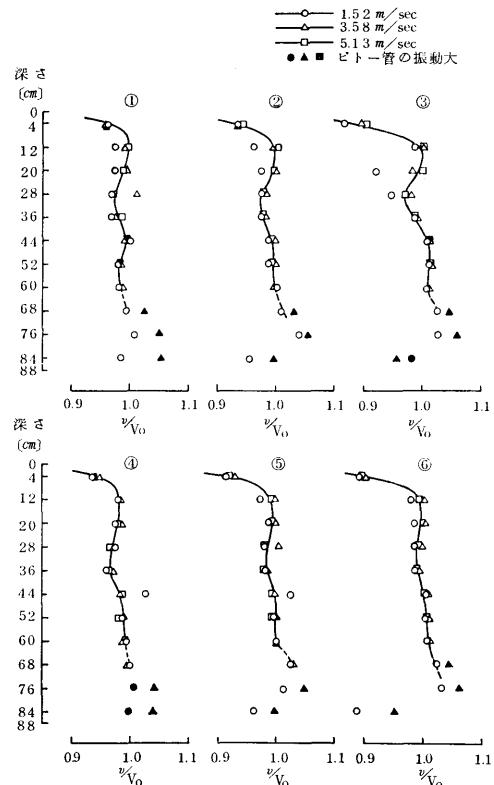


図-7.29 流速分布図

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 以上的位置にくると、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も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、ハッキ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もともに示した。

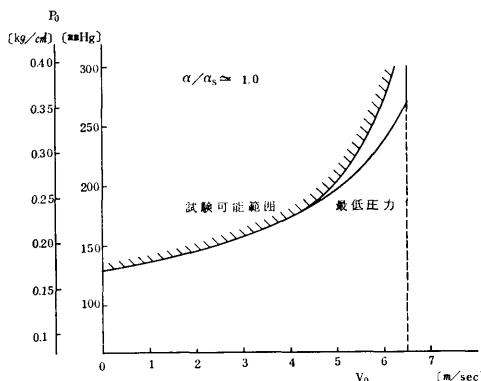


図-7.30 試験可能範囲

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、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、反時計回り方向を正とした。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%

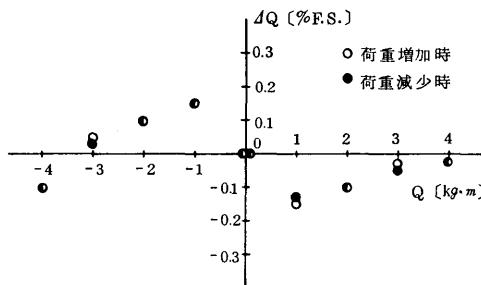


図-7.31 模型船用プロペラ動力計トルク較正試験結果

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 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 110 mm 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。

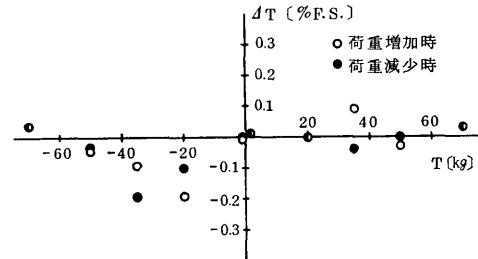


図-7.32 模型船用プロペラ動力計スラスト較正試験結果

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 6.96 m 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 25 cm, 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 V_0 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
ピッヂ比	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

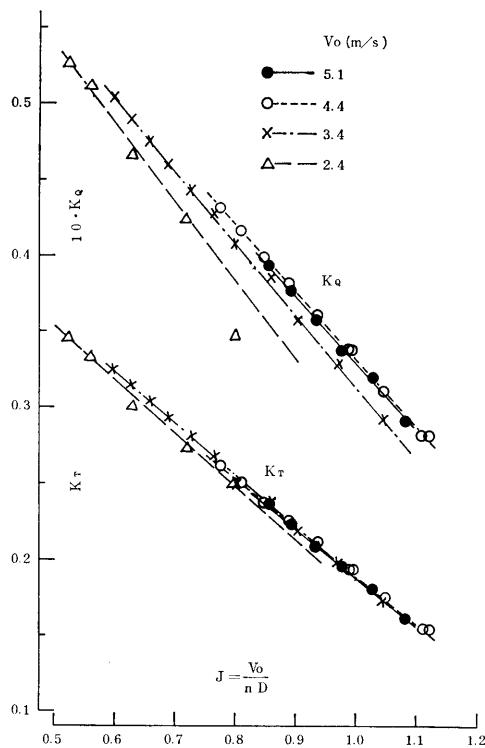


図-7.33 模型船用プロペラ動力計負荷試験結果

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らず、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ヂの太いチップボルテックスキャビテーションが出ている。

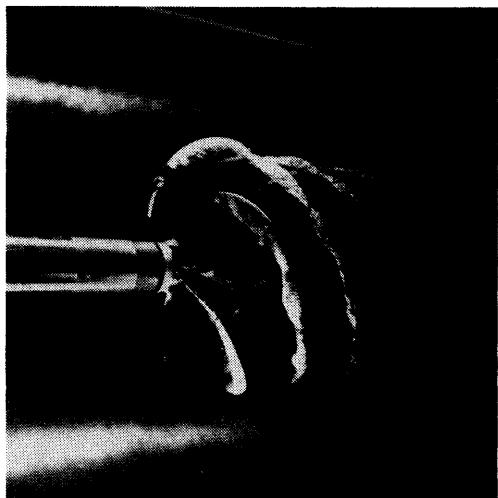


写真-7.2 均一流中のキャビテーション試験

$$J=0.9, \sigma_v=3$$

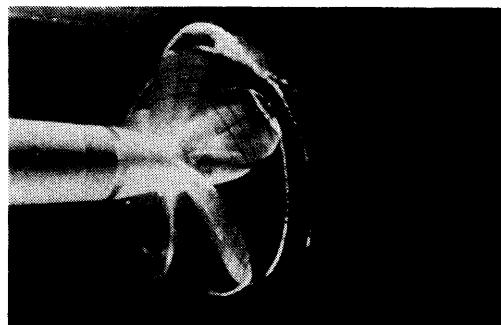
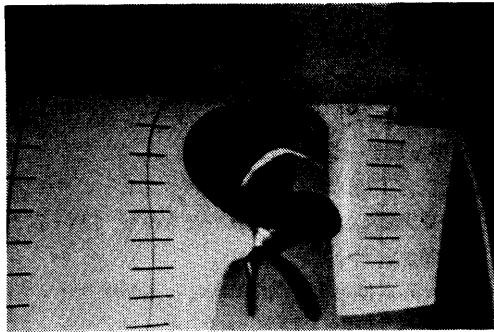


写真-7.3 不均一流中のキャビテーション試験

$$K_T=0.194, \sigma_v=1.84$$



写真—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—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。均一流中の場合と異なり、翼背面上のキャビテーションはかなり非定常なもので、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—7.4 は、第2計測部における長さ 7 m 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な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、建設監督にあた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。

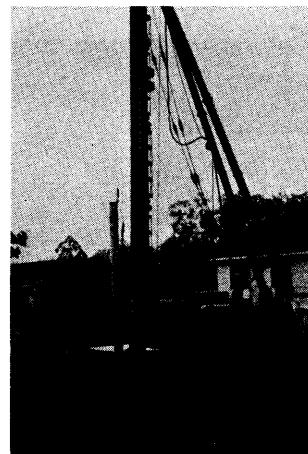
なお、本水槽建設の主な工事を担当された次の各社の方々にも厚くお礼申し上げます。

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。

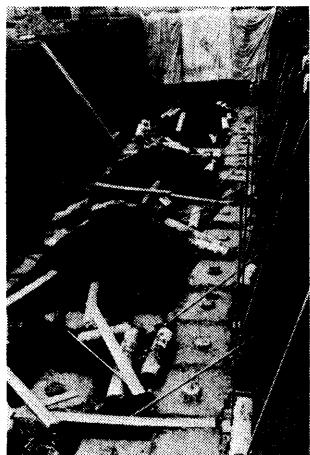
〔付 錄〕



写真一A.1 掘 削



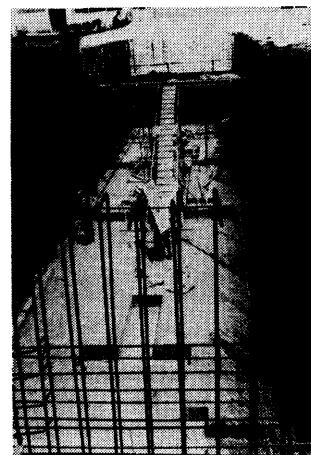
写真一A.2 桧打ち



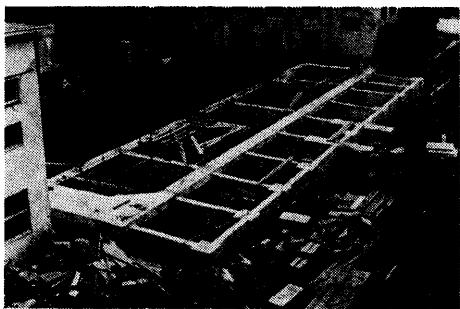
写真一A.3 捨てコン打ち



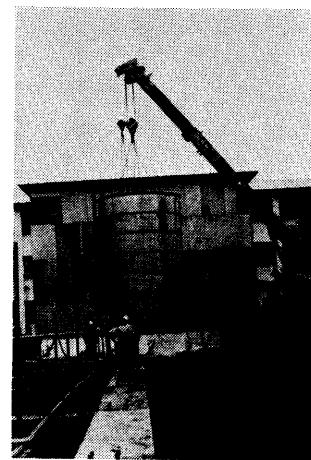
写真一A.4 配 筋



写真一A.5 底盤コンクリート打ち



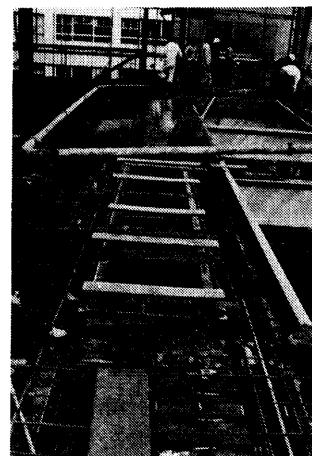
写真一A.6 建屋基礎



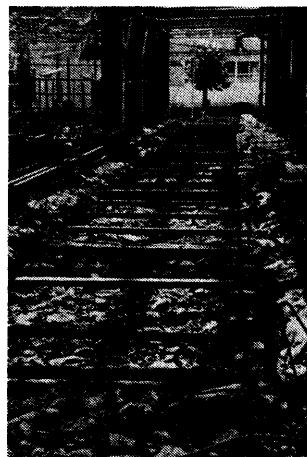
写真一A.7 貯水タンク搬入



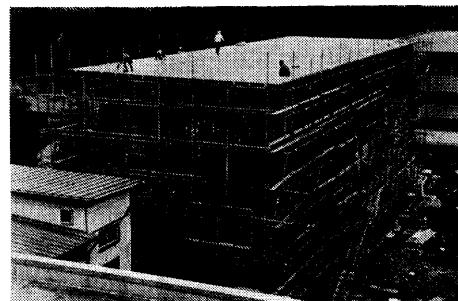
写真一A.8 鉄骨組み



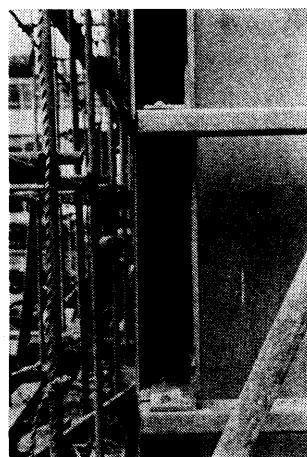
写真一A.9 2階床打ち



写真一A.10 1階レール基礎



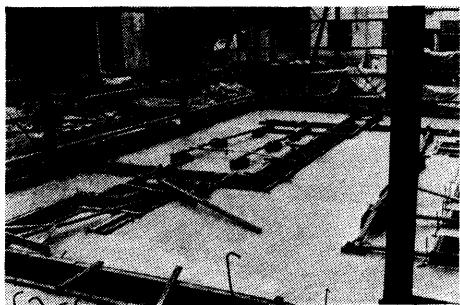
写真一A.11 屋根張り



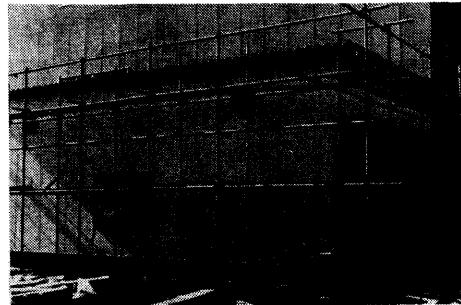
写真一A.12 内、外壁



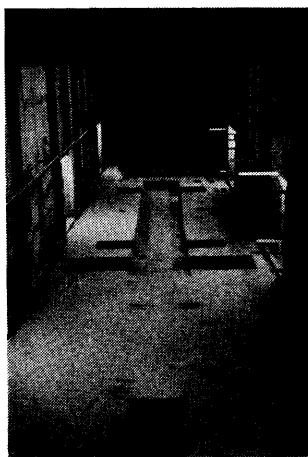
写真一A.13 電気室基礎



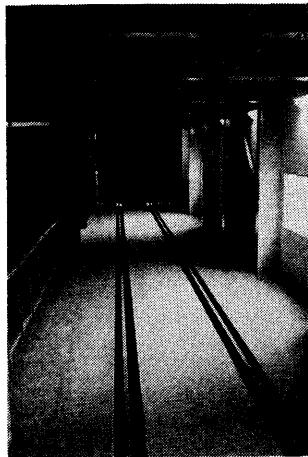
写真一A.14 電気室床打ち



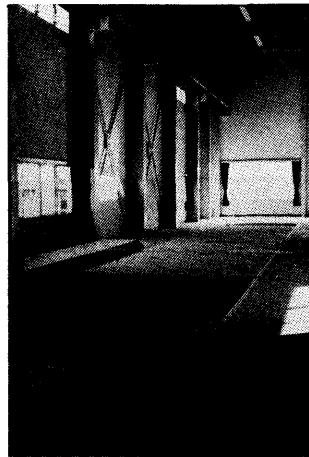
写真一A.15 電気室壁, 屋根張り



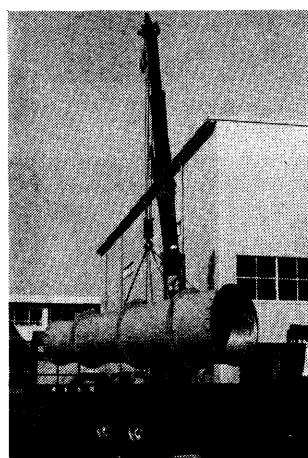
写真一A.16 建屋基礎ピット部



写真一A.17 建屋1階



写真一A.18 建屋2階



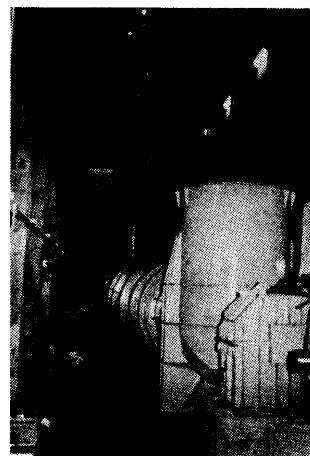
写真一A.19 脊の搬入



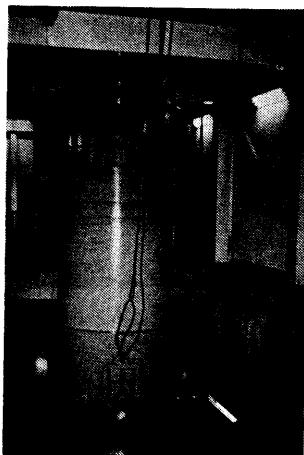
写真一A.20 脊の建屋内への引き込み



写真一A.21 基礎金具心出し



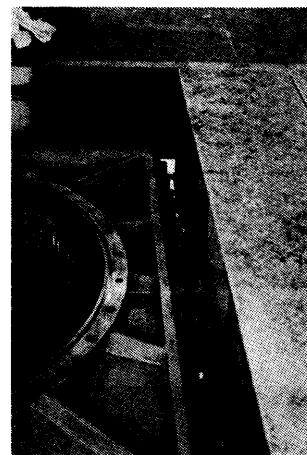
写真一A.22 下部水平洞掘付け



写真一A.23 第2直管胴



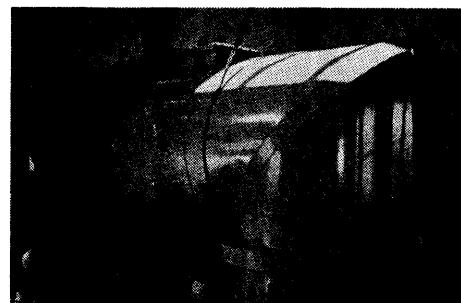
写真一A.24 第1直管胴



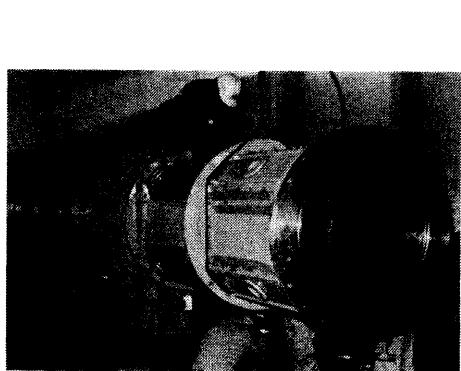
写真一A.25 水平荷重支持部



写真一A.26 第1屈曲胴



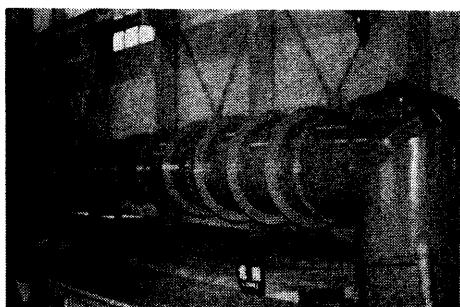
写真一A.27 第4屈曲胴



写真一A.28 第1計測部



写真一A.29 不均一流発生装置



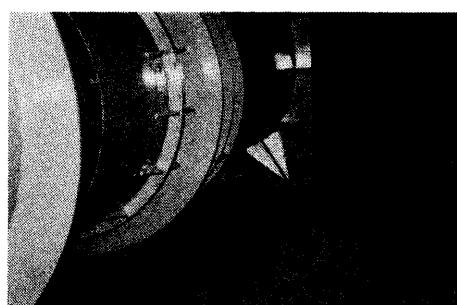
写真一A.30 上部水平胴組立て



写真一A.31 中間支柱



写真一A.32 支持部



写真一A.33 第2届曲胴基礎部



写真一A.34 第3層曲脇基礎部



写真一A.35 圧力調整装置