

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

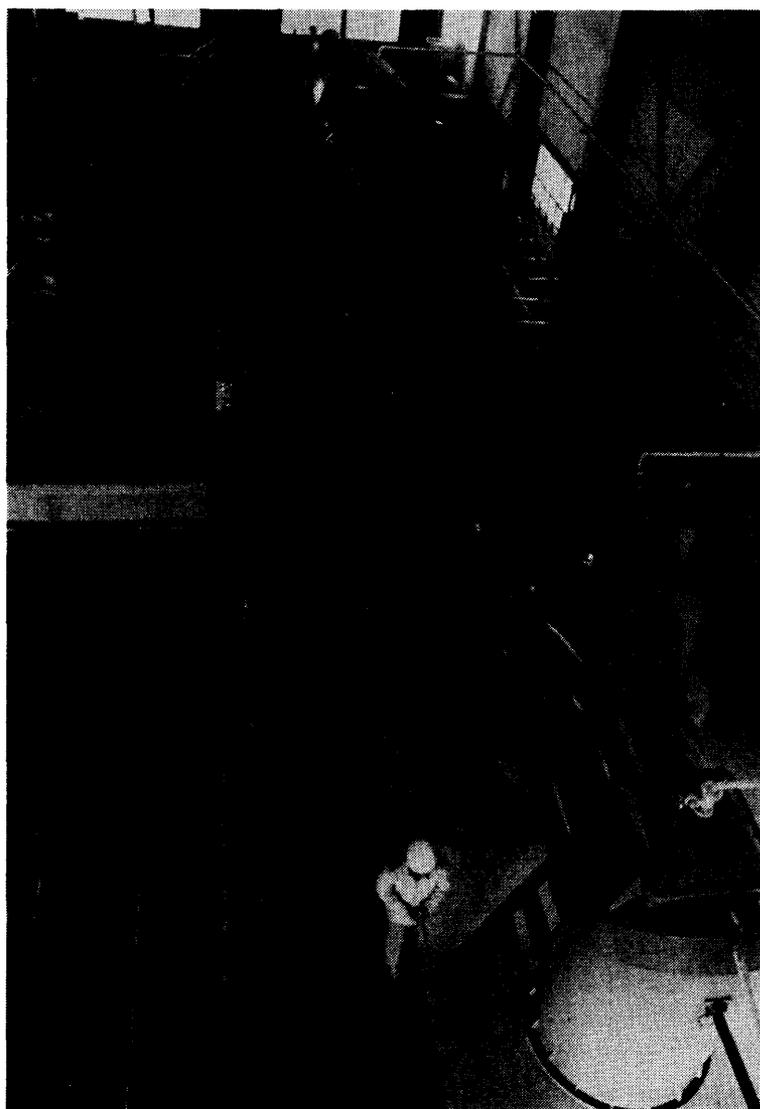
1. 緒言

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るしくなり、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も数多く行われているが、船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発揮し得なくなり、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だいてきた。幸いにして、運輸審



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300m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0.75mの円形断面で、直径が最大400mmまでの模型プロペラの試験が行え、最高流速は毎秒20mである。大型の計測部(第2計測部)は幅2m、深さ0.88mの矩形断面で、長さが最大7m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6.5m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/cm^2 から 2 kg/cm^2 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 mφ	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		
絞り長さ	7.99 2.10 m	2.01 3.00 m
使用模型	プロペラ直径	模型船長さ
最大寸法	400 mm	7 m
常用寸法	300~350 mm	
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

キャピ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。

キャピテーション試験を行う場合、水槽内は加圧、減圧の状態が繰り返されるので、その内面に良質の塗装を施しても塗膜が剝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

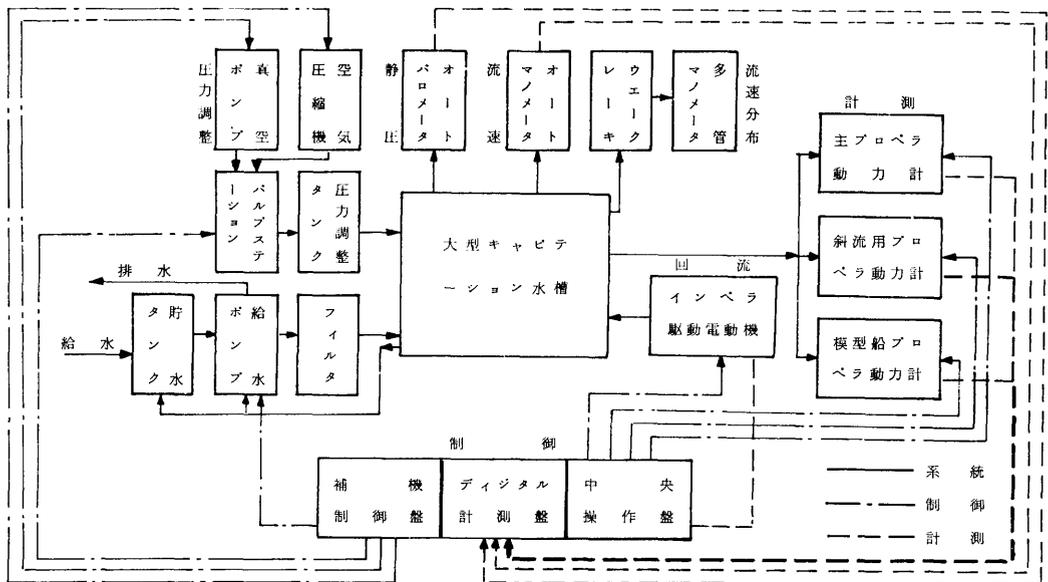


図-1.1 大型キャピテーション水槽構成図

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	担 当 者
水槽本体					(百万円)	(横尾幸一) 伊藤達郎 門井弘行
電気設備					297	
計測機器					112	
建 屋					109	
第2計測胴					57	
					計 575	小久保芳男 小山 鴻一 荒 井 能 黒 部 雄三 武井幸雄 右近良孝 横尾直幸 岡本三千朗 小久保芳男 小山 鴻一

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

船用プロペラのキャビテーション性能を実験的に検

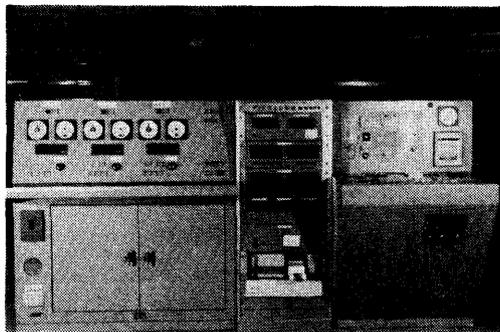


写真-2.1 運転, 制御, 計測系

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にした。

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

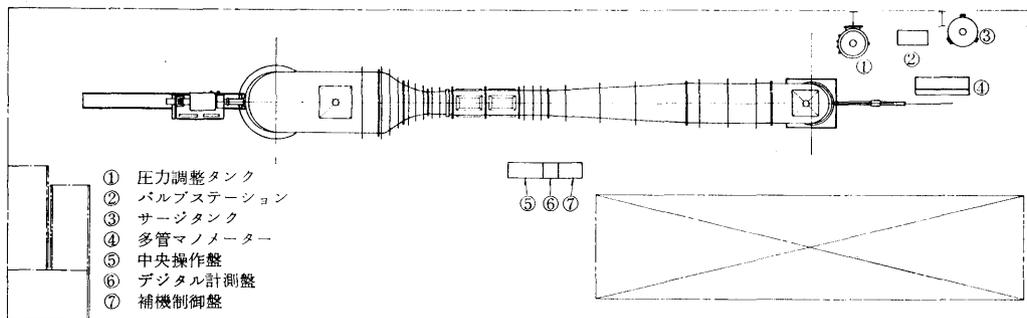


図-2.1 2階機器配置図

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は、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形断面の大型計測部(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こと等から、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。

(6)

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。

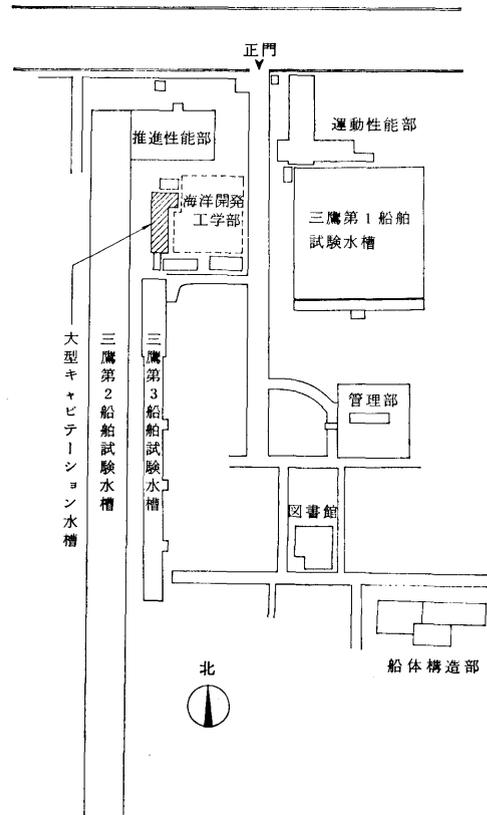
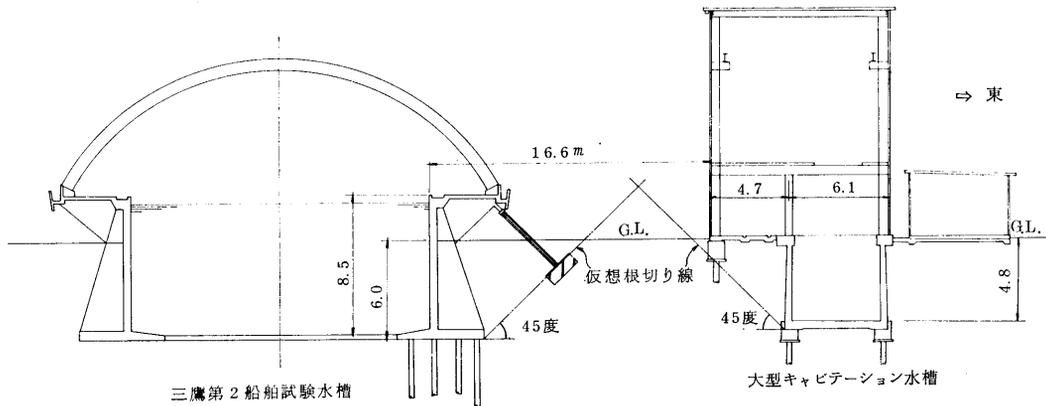


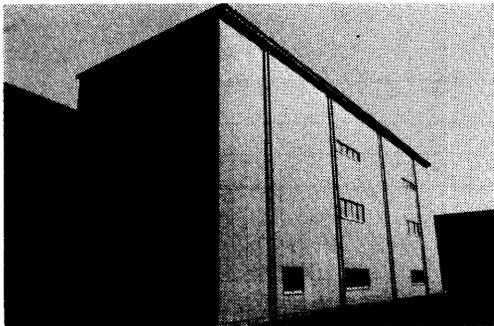
図-3.1 水槽位置図

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ビット部底盤西端より、それぞれ 45 度の仮定の根切り線を引き、その交点が地上に来ることを条件として、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

の部分为基础ピット部と呼ぶ)。

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25cm下と規定し、F.L. (設計床面) はG.L. の20cm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7m、直径35cm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9m、直径35cm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。

大型キャピ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	鉄筋コンクリート			6.1	—
電気室	1階	軽量鉄骨	10.1	6.1	4.3*	—

(* 印は軒高さ)

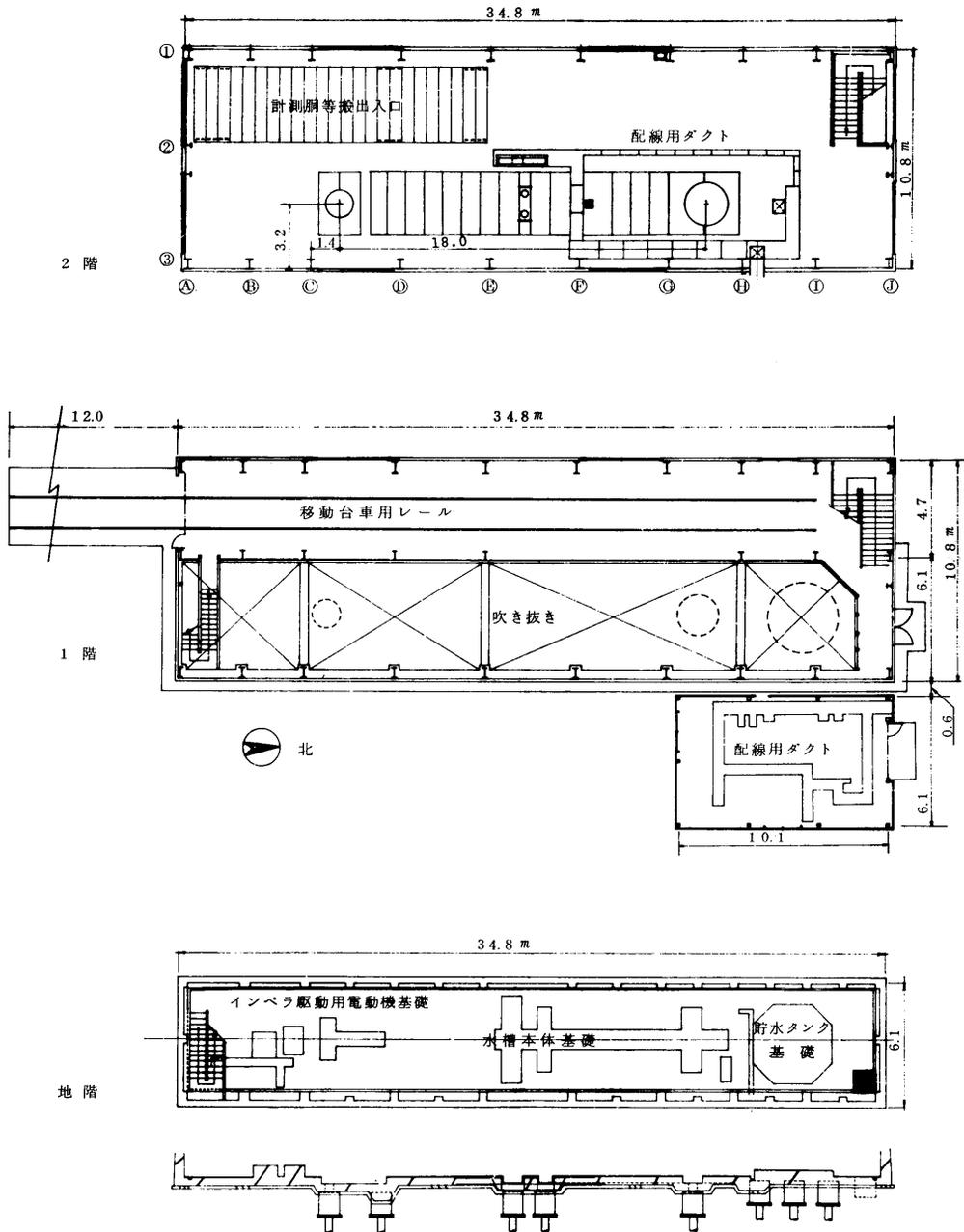
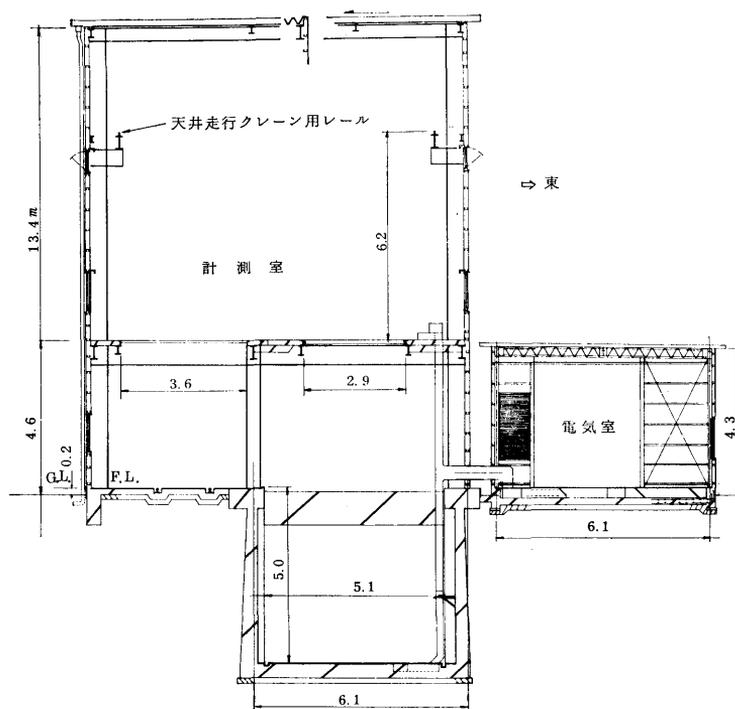


図-3.3 建屋一般配置図



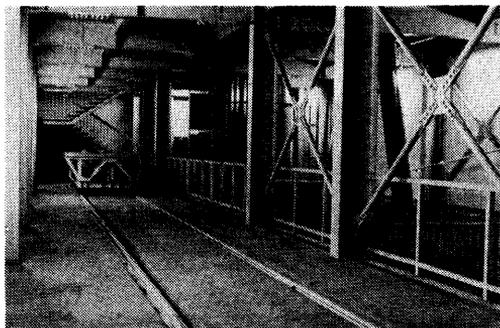
図—3.4 建屋側面図

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⑦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)の床部には計測胴移動台車用のレール2本を1.5mの間隔で敷設してある。レールは①柱を起点として全長43mで、屋外の敷設区域には鉄筋



写真—3.2 建屋1階

コンクリートの作業床を設けた。計測胴用移動台車は計測胴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。計測胴による最大荷重は1組で約20t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3.6m、高さ3.5m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③柱~④柱間に図—3.3に示すような長さ20.7m、幅2.9m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直管胴、第1直管胴(4.1参照)が通るが、地震発生時に、水槽本体に生じる約50t(0.2G)の水平荷重は主として第2直管胴の周辺の床で受け持つので、この部分には特に幅48cm、深さ30cm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ふたをしてある。

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20cmの動力用および制御用等の配線ダク

トを設けた。2階の床の厚さは15 cmなので、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㊸柱から㊶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(㊶通りと㊷通り間)の㊸柱～㊹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㊷通りと㊸通りの㊸～㊶には厚さ50 cm、幅70 cmの鉄筋コンクリートの主柱を、主柱の間には厚さ40 cm、幅45 cmの間柱を設けた。また、㊸、㊹、㊶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の排水ますには排水容量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。

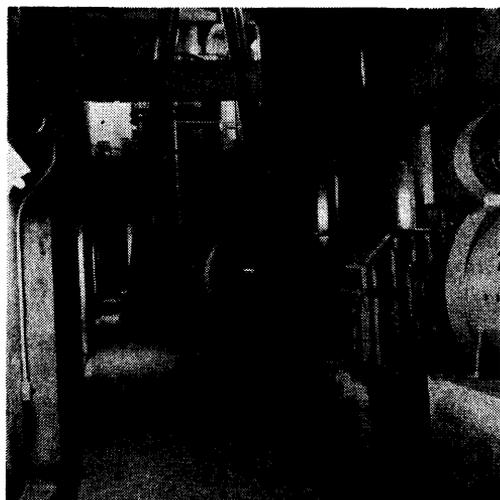


写真-3.3 建屋基礎ピット

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押えるため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。

ガード形式:	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付きで、現在は一つの柱区間内に同時に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ドに固定でなく、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すに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箇所、105Vコンセント(2連アース端子付き)は2階に9箇所、電気室に2箇所、1階および基礎ビット部に3箇所ずつ配置した。

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階と基礎ビット部は200lx程度となるように蛍光灯を配置した。

警報用制御盤、照明およびコンセント用配電盤、基礎ビ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、その窓枠を取付ける。

第1計測胴縮流部と計測部の間には、ワイヤーメッシュス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成るウエークレークが第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-4.1)。

上記の各部分のうち、ウエ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。その他の部分は全てステンレス鋼(SUS304)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、溶接スパッタ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(マンセル 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、

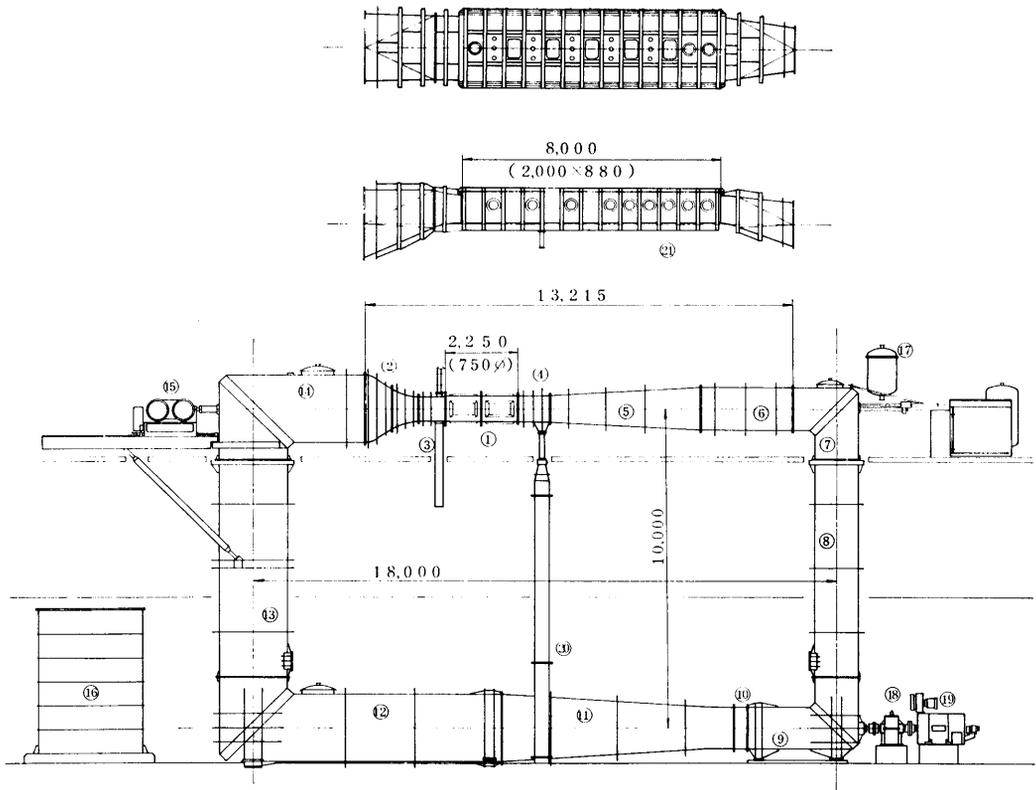


図-4.1 大型キャパシタージョソ水糟一般配置図

- | | | |
|------------|---------|--------------|
| ① 第1計測洞計測部 | ⑧ 第2直管洞 | ⑮ 主プロペラ動力計 |
| ② 第1計測洞縮流部 | ⑨ 第2屈曲洞 | ⑯ 貯水タンク |
| ③ 不均一流発生装置 | ⑩ インペラ洞 | ⑰ 圧力調整タンク |
| ④ 第1計測洞支持部 | ⑪ 第2拡散洞 | ⑱ 減速機 |
| ⑤ 第1計測洞拡散部 | ⑫ 第3屈曲洞 | ⑲ インペラ駆動用電動機 |
| ⑥ 第1計測洞直管部 | ⑬ 第3直管洞 | ⑳ 中間支柱 |
| ⑦ 第1屈曲洞 | ⑭ 第4屈曲洞 | ㉑ 第2計測洞 |

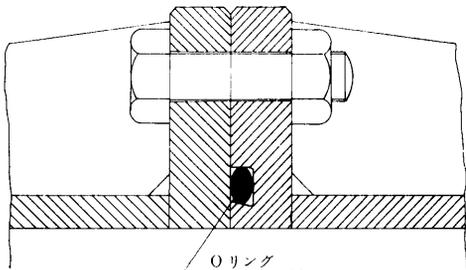


図-4.2 フランジ接続部

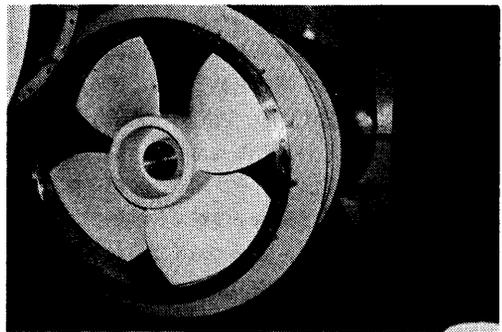


写真-4.1 インペラ

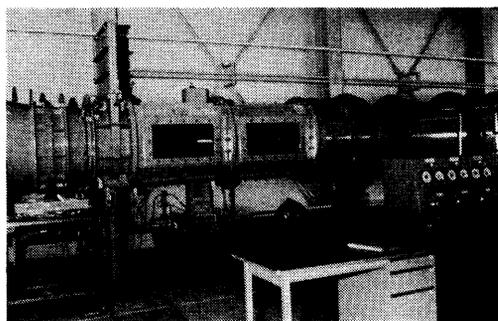
内面にも塗装を施した。内面は塗装に先立って表面粗度が 50 s 程度になるようにサンドブラスト処理を行い、清掃後、直ちに下塗りとしてエポキシ樹脂系のサビ止塗料をエアレススプレーを使用して塗り、24時間後に同系統の上塗り塗料（マンセル No. N-7）をエアレススプレーを使用して 2 回塗装した。

4.4 各部の詳細

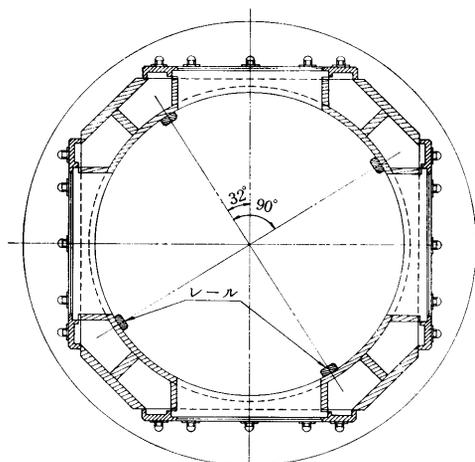
4.4.1 第1計測胴

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、上流側端部で 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 箇所ずつ設けた。また計測部には円周上 4 箇



写真—4.2 第1計測部



（下流側より見る）

図—4.3 レール位置図

所、長手方向に 3 箇所合計 12 箇所に直径 100 mm のメタルウインドウを設けた。これらはウエ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 屈曲胴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 屈曲胴のそれと共に、オートマンオメーター（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、バランスウエ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つて、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、従つて拡がり角度は $6^{\circ}27'$ 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、ウェ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、基礎から立上がつてい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。

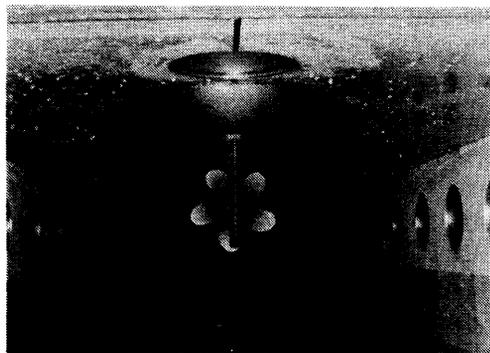
4.4.2 第 2 計測胴 (写真—4.3)

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 の矩型断面で、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 高くなつている。

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、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つている。

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。

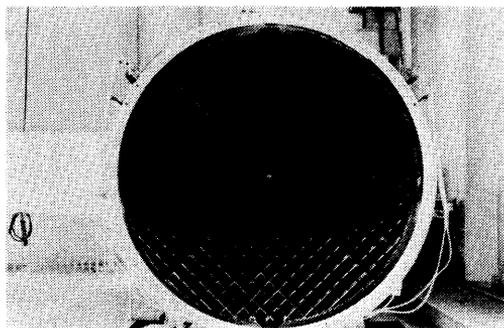
4.4.3 屈曲胴

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、またウェ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つて、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屈曲胴内には、第1計測胴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屈曲胴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箇所および直流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箇所ベンチュリー方式による圧力を計測する直径2mmの静圧孔を設け、第1計測胴縮流部（または第2計測胴計測部上流側）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边が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屈曲胴の水平部上面には、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、各屈曲胴の屈曲部には、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 直管胴

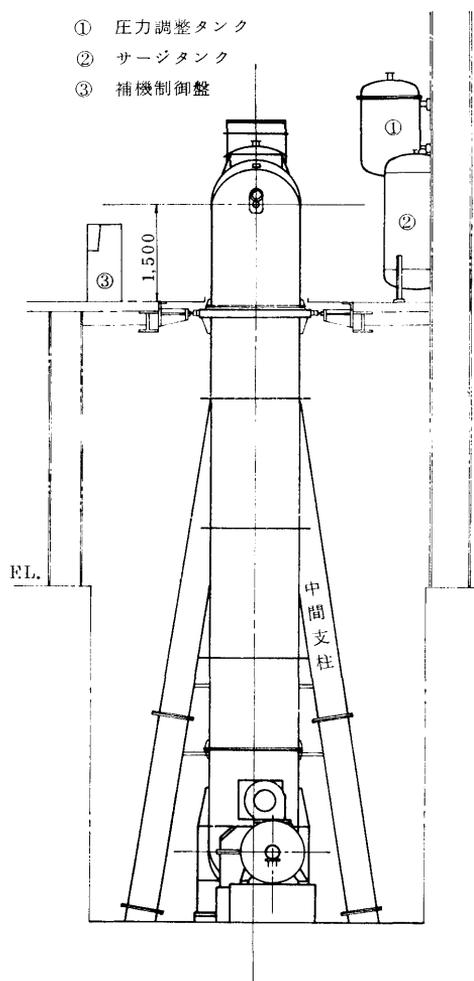
4.1で述べたように本水槽は堅型であり、その垂直部にあたるのが第2および第3直管胴である。

第2直管胴は内径1.35m、長さ6.8mで、下端から0.5m上方を中心として一边が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直管胴は内径2.12m、長さ6.8mで、第2直管胴と同様に下端から0.5m上方を中心として、一边が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、各直管胴は水槽建屋の2階の床で支持されている（図—4.4参照）。そのため第2直管胴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直管胴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直管胴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
- ピッチ (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 (はずば歯車一段減速)
- 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： ギヤールカップリング

○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屈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、ギヤール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、はず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再生制動で停止させる安全装置が設けられている。

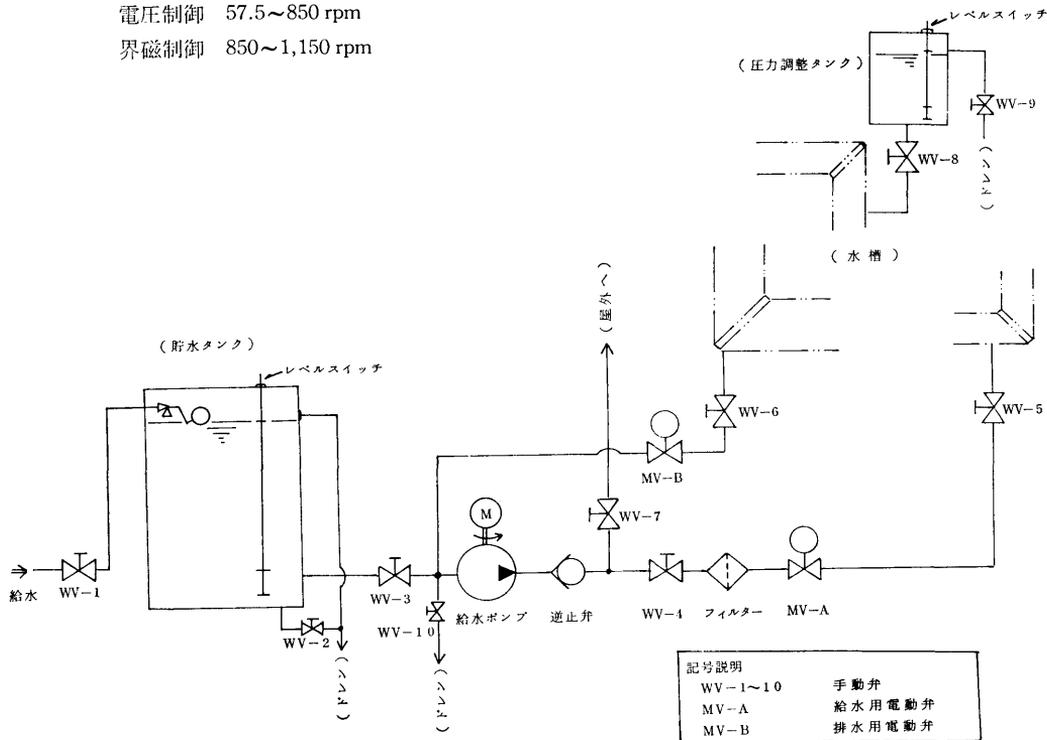


図-4.5 給排水装置配管系統図

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、その後給水ポンプを使用し、フィルターを通して水槽本体へ給水する。この水槽の使用水量は約130m³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とがあり、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に配管されている。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了したときは、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鋼管（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 m³/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： 10 μ
 - 流 量： 0.5 m³/min
 - 初期圧力損失： 0.25 kg/cm²
- 4) 貯水タンク（1基）
 - 直 径： 3.2 m
 - 高 さ： 4.5 m
 - 容 積： 約36 m³
- 5) 3電極式レベルスイッチ（2基）
 - 電極間電圧： AC 8 V
 - 接点容量： AC 200 V, 5 A
 - 動作抵抗： 4 KΩ 以下
 - 復帰抵抗： 15 KΩ 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

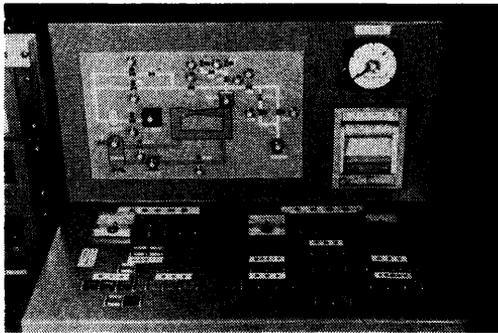


写真-4.6 補機制御盤

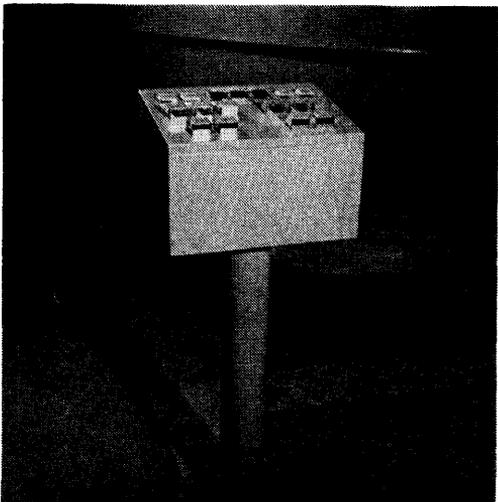


写真-4.7 現場操作盤

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は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ンの状態が続き、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。

現場操作盤を使つての給排水では、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ピテーション水槽と異り、水槽内の圧力の減圧だけでなく、流速が大きいため加圧することも可能であり、模型プロペラ軸心上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、サージタンク内を減圧し、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、水槽本体内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

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

大型キャピ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ピ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なった。

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 受変電設備

キャピテーション水槽の電源系路の単線図を図-5.1 および 図-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、キャピ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

(22)

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、キャピテーション水槽電気室内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-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

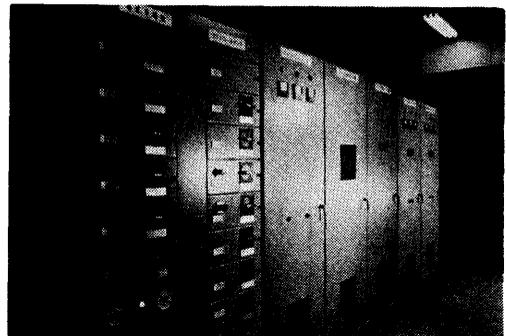


写真-5.1 サイリスタ盤

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-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

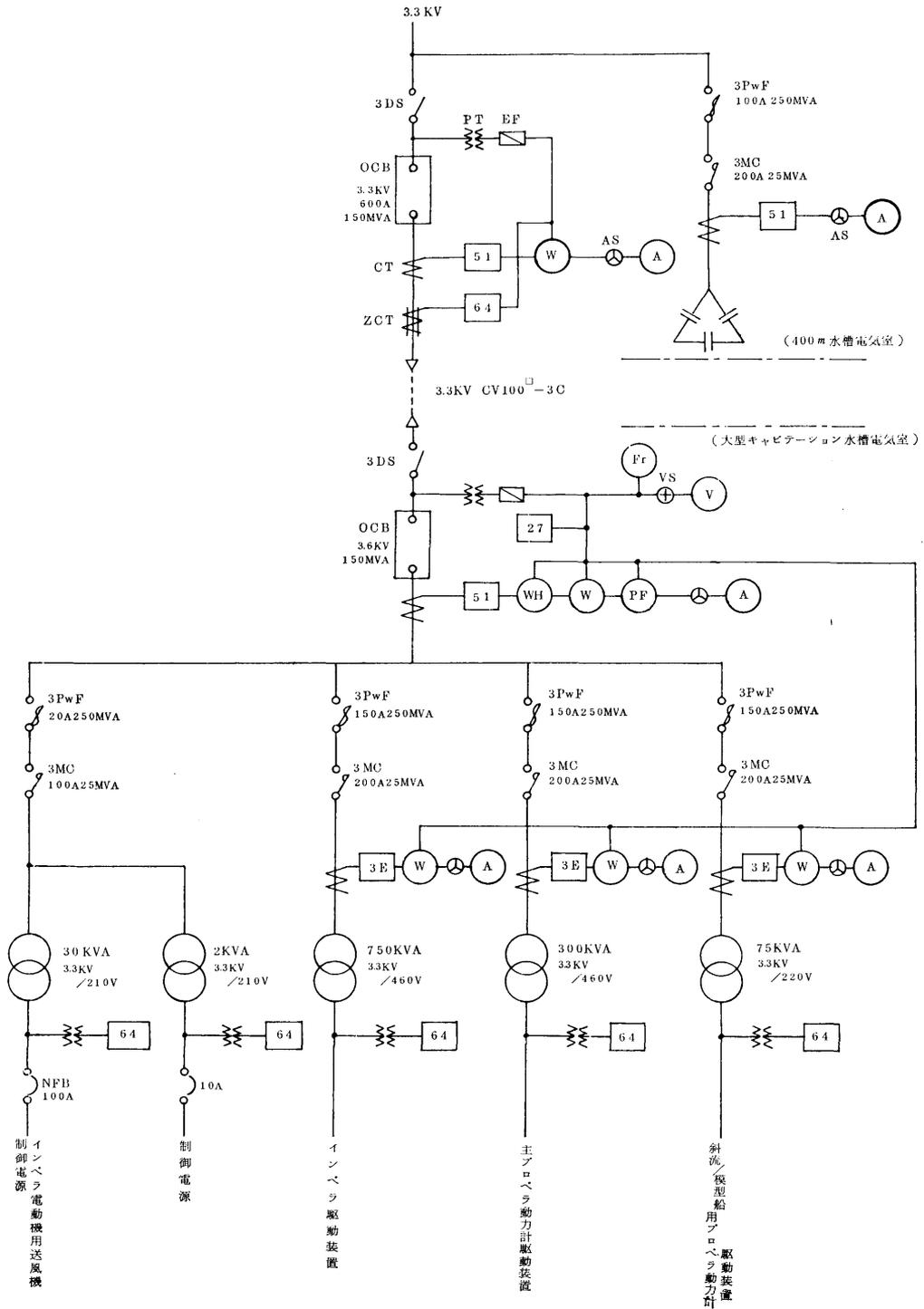


図-5.1 電源系統単線図 (高圧系)

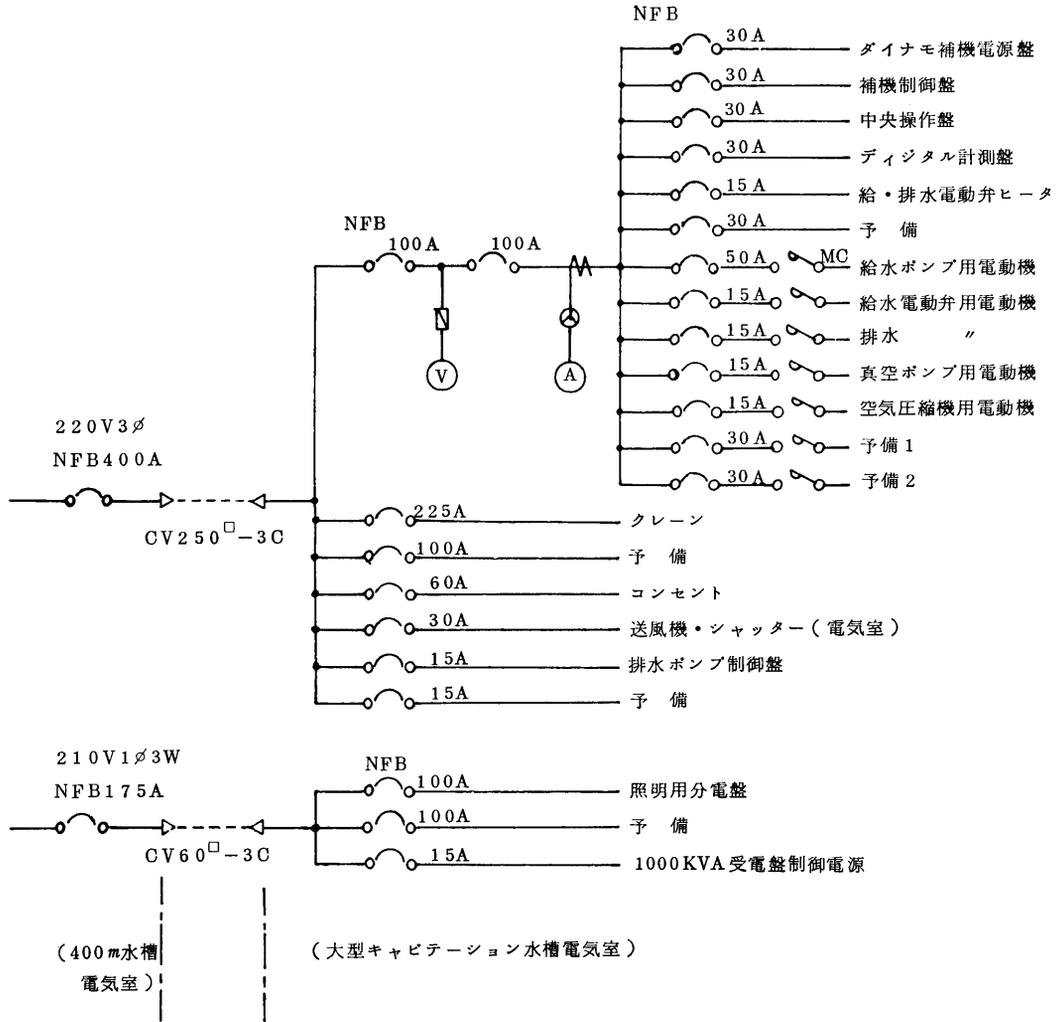


図-5.2 電源系統単線図(低圧系)

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えが自動的に行える。

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再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

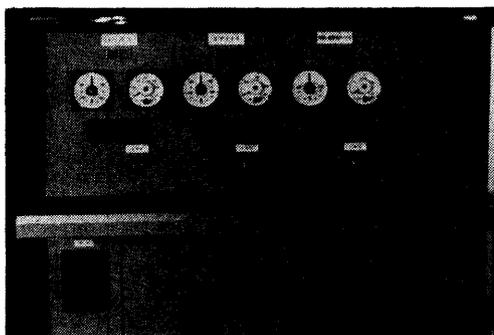
電気室に設置した各電動機電源用変圧器1次盤のしゃ断器を「正転」または「逆転」ボタンにより投入し、「停止」ボタンによりしゃ断する。非常の場合は「非常停止」ボタンにより一括して全電動機を停止させることができる。

(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

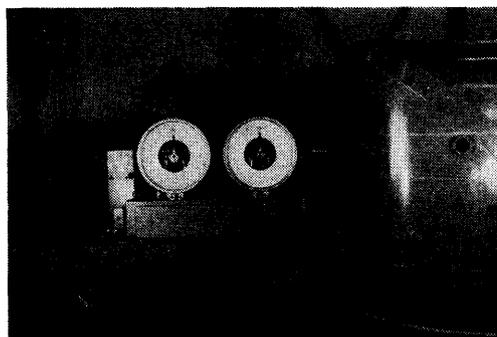
計測器としては表—6.1に示すようなキャピテーション水槽として一般的なものを設置した。

計測装置の指示および記録は、給排水装置などと同様に中央操作盤に隣接して設置したデ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スラストのアナログ記録用信号もとりに出すことができる。

デ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

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 ± 30 kg-m スラスト ± 600 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 300~350 mm
斜流用プロペラ動力計 K&R 社, H-38 型	トルク ± 10 kg-m スラスト ± 200 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 ± 4 kg-m スラスト ± 70 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 オートパロメータ	0~1,600 mmHg	0.1% F.S.	水銀柱サーボ追尾, 耐圧 5 kg/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	0~1,600 mmHg	0.1% F.S.	水銀柱サーボ追尾, 耐圧 5 kg/cm ²
ウェークレーク	8 m/s		プラントル型ピトー静圧管×14
多管マノメータ	1,000 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×3, 表示器 (4桁)×6 印字制御装置, 印字器 (18桁)

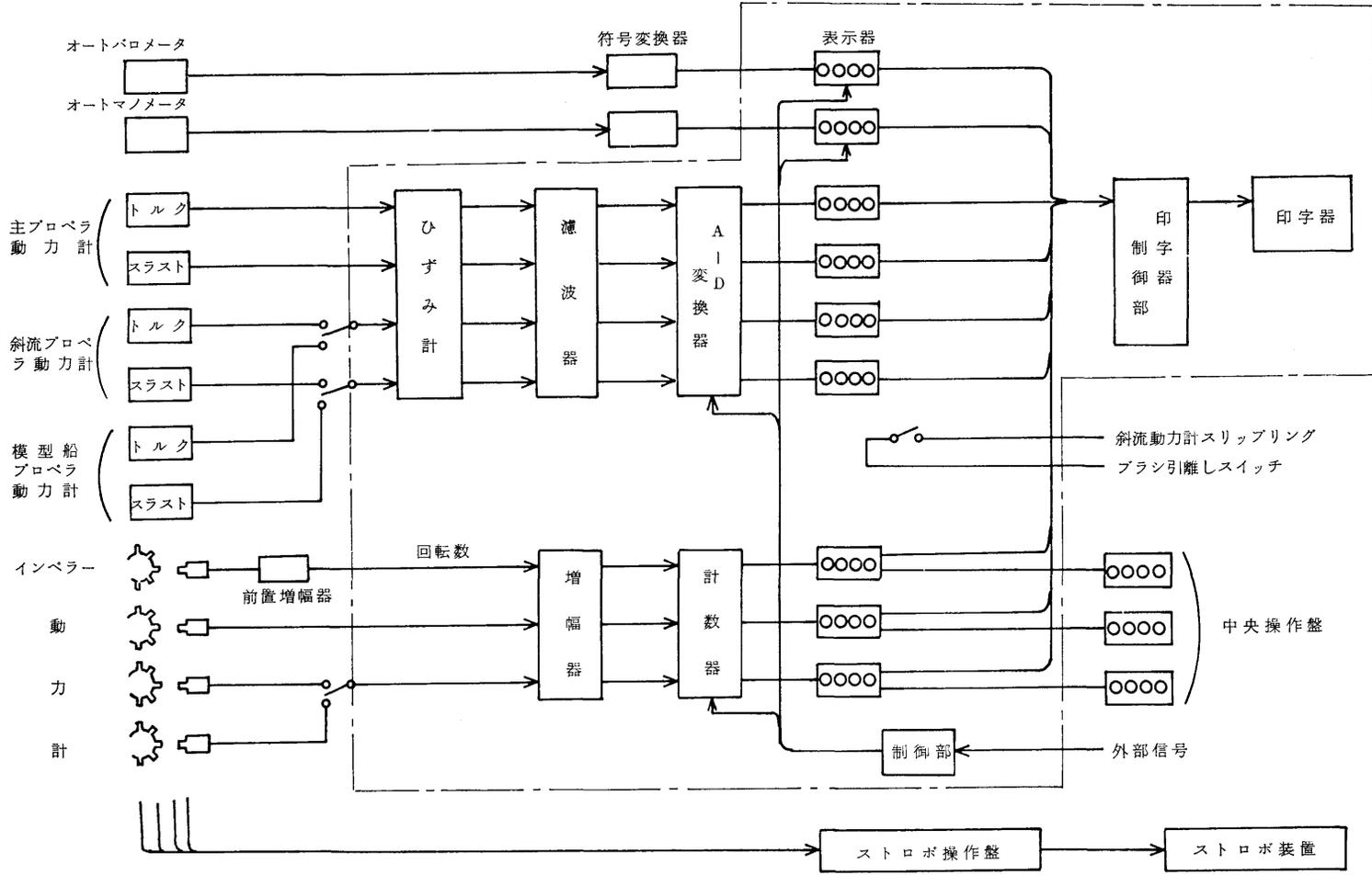


図-6.1 計測系構成図

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15mm、22mmおよび32mmの3種類に変えることができ、それぞれ3kg-m、10kg-mおよび30kg-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バ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歯歯車によって検出されてデ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

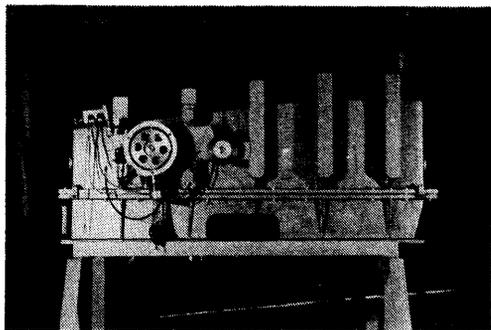


写真1-6.2 斜流用プロペラ動力計

の上面窓ガラス2枚をとりはずしてそれらの窓枠にとりつけて使用する。その外観を写真1-6.2に示す。本動力計は軸心を含む垂直面内で上流に向かって下向き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と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。

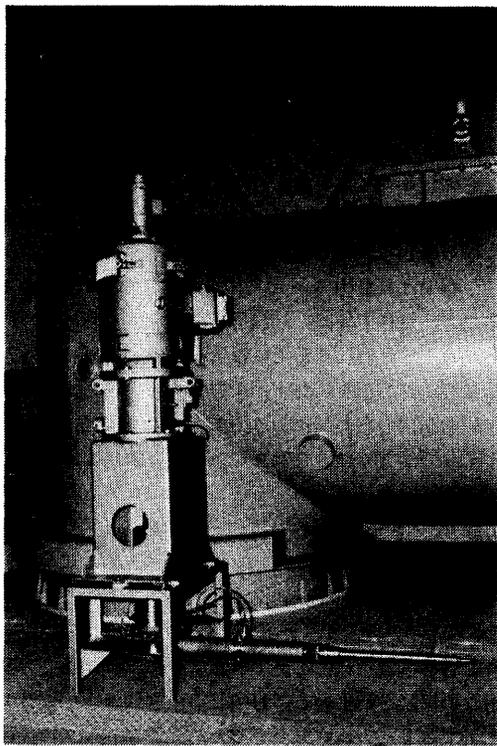
主プロペラ動力計と同様に回転速度検出用とストロボフラッシュ同期用の電磁パルス検出器が装備されていて、それぞれデジタル計測盤の計数器とストロボ操作盤にケーブルで結ばれる。

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。

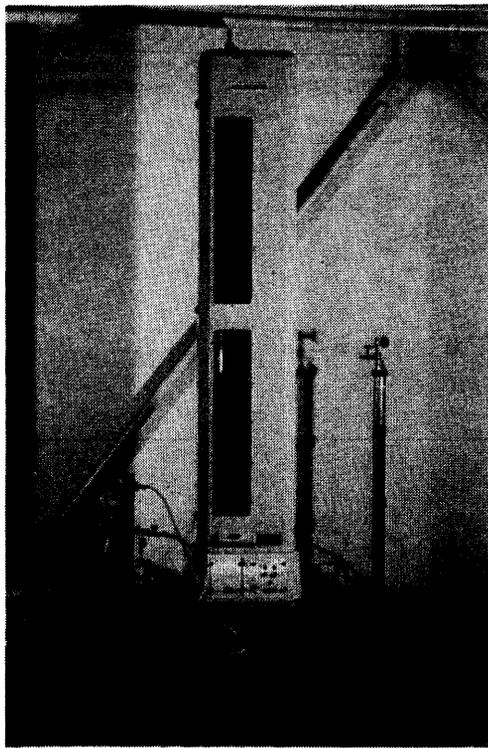
6.4 模型船用プロペラ動力計

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1-6.3に、模型船にとりつけた状態を写真1-6.4に示す。駆動用電動機の軸と歯車機構部の間はスプライン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—6.5 オートバロメータ



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用になっている。

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

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 AMH-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本のプラントル型ピトー静圧管を楕型にとりつけたウェークレークヘッド、それをと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

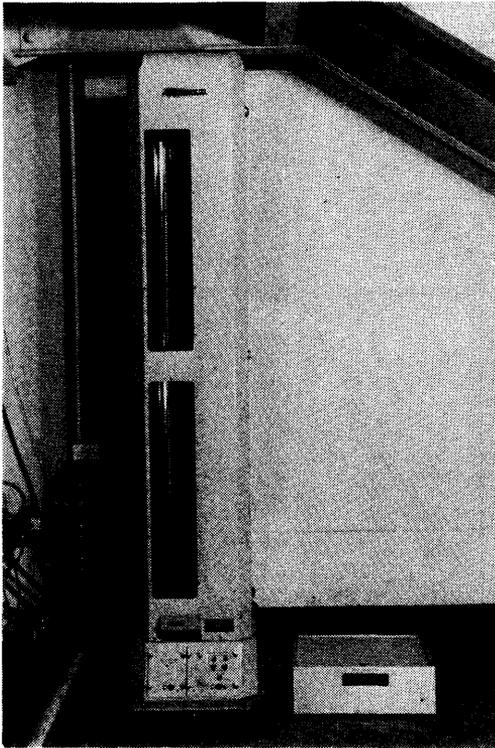


写真-6.6 オートマノメータ

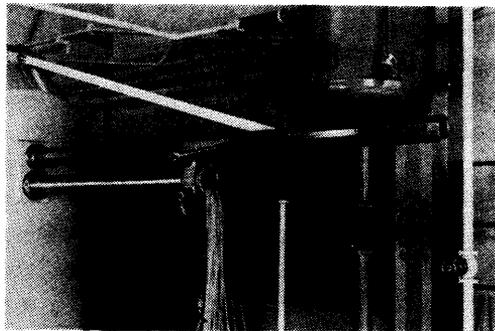


写真-6.7 ウェークレークのラック

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屈曲胴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
(30)

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屈曲胴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に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ドに接続されている。連通ヘッド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。

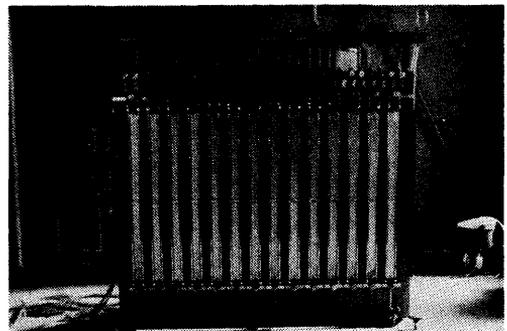


写真-6.8 多管マノメータ

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