

三鷹第3船舶試験水槽の建設について

推進性能部

On the Mitaka No. 3 Ship Model Experiment Tank of the Ship Research Institute

By
Ship Propulsion Division

Abstract

This paper gives a general description of a new ship model experiment tank, "Mitaka No. 3 Ship Model Experiment Tank", built at the Ship Research Institute. The principal dimensions of the tank are 150 m × 7.5 m × 3.5 m.

In this report are given design considerations and general descriptions of the construction of the tank, which include the tank itself, the rails, the main carriage, the sub-carriage having the wind blower, the trolley wires, the wave absorbers, the wavemaker, the measuring instruments, the data processor and the building to house facilities.

The main features of the tank are as follows:

1. Towing carriage of box girders convenient to perform various kinds of experiments, not only on ship models but also on ocean structures
2. Strong tank wall and special apparatus, which enable the accurate tests in shallow water
3. Sub-carriage carrying a small wind blower to perform the tests in waves with wind
4. Wave maker of plunger type whose vertical position can be varied corresponding to the water level
5. Easy control of the carriage any one can drive

目次

三鷹第3船舶試験水槽完成図	3.3 水槽建屋	9
1. 緒言	4. 曳引車走行用レール等	10
2. 計画の概要	4.1 まえがき	10
3. 水槽本体および建屋	4.2 レールの機械加工	10
3.1 まえがき	4.3 レールの接続方法	10
3.2 水槽本体	4.4 チェア	12
3.2.1 概要	4.5 レールの敷設	12
3.2.2 構造	4.6 水準溝	11
3.2.3 内壁の仕上げ	4.7 ストッパー	11
3.2.4 給排水設備	5. 曳引車	11
3.2.5 浄化装置	5.1 計画の概要	11
	5.2 構造方式	14
	5.3 主桁と主要寸法等	15

原稿受付: 昭和48年6月7日

5.4	加減速度と走行速度	16	6.7	電源等	37
5.5	駆動部	16	6.7.1	A.C. 400 V 電源	37
5.5.1	概要	16	6.7.2	A.C. 200 V 電源	37
5.5.2	構成	17	6.7.3	A.C. 100 V 電源	37
5.6	制動装置	18	6.8	水面掃除機	38
5.6.1	電気制動	18	6.9	関連設備、艀装品等	38
5.6.2	バネ制動	18	6.9.1	連結桿	38
5.6.3	非常制動	19	6.9.2	位置指示灯	38
5.6.4	自動制動区域	21	6.9.3	清掃用ポンプ	39
5.6.5	制動装置の併用	21	6.10	塗 装	39
5.7	計測区域	22	6.11	試験成績	39
5.7.1	常用計測桁	22	6.11.1	重量計測	39
5.7.2	計測床	22	6.11.2	撓み計測	39
5.7.3	浅水実験用計測架台	23	6.11.3	自走試験, 自走時制動試験	39
5.7.4	計測補助桁	24	7.	動力装置および曳引車速度制御装置	40
5.8	一般電源	24	7.1	受変電設備	40
5.8.1	A.C. 200 V 電源	25	7.2	曳引車走行用動力	41
5.8.2	A.C. 100 V 電源 (一般用)	25	7.3	速度制御装置	41
5.8.3	A.C. 100 V 定電圧電源 (計測機器用)	26	7.3.1	共通部門	41
5.8.4	受配電盤, 電源コンセント配置等	26	7.3.2	デジタル速度制御装置	43
5.9	照明灯等	27	7.3.3	デジタル速度制御装置のチェック	44
5.9.1	床照明	27	7.3.4	定速投入制御および停止制御	44
5.9.2	作業灯	27	7.3.5	速度変更	44
5.9.3	ストロボライト	27	7.3.6	アナログ速度制御	44
5.9.4	標識灯	27	7.3.7	寸動走行	44
5.9.5	実験灯	27	7.4	曳引車運転操作盤	44
5.10	関連設備、艀装品等	27	7.5	緊急停止およびインタロック	45
5.10.1	実験機器取付け用フレーム	27	7.5.1	第一緊急停止装置	45
5.10.2	手摺り	27	7.5.2	第二緊急停止装置	45
5.10.3	曳引車昇降台	27	7.5.3	インタロック	46
5.10.4	冷房機	28	7.6	付属艀装品	46
5.10.5	スケール類	28	7.6.1	デジタル計測記録装置	46
5.10.6	ドレインタンク	28	7.6.2	自航制御盤	46
5.11	塗 装	28	7.6.3	送風台車の電気艀装品	46
5.12	試験成績	28	7.7	トロリー線	46
5.12.1	中間検査	28	7.8	走行試験結果	47
5.12.2	完成検査	29	8.	消波装置	48
6.	送風台車	33	8.1	北端部消波装置	48
6.1	主桁と主要寸法等	33	8.2	南端部消波装置	49
6.2	走行性能	35	8.3	側面消波装置	49
6.3	重量, 加減速度	35	9.	造波装置	49
6.4	脚部, 自走用駆動部等	35	9.1	計 画	49
6.5	送風機	36	9.2	概 要	50
6.6	送風機の設置状態	36	9.3	操 作	50

9.4 紙テープ読込装置	51	10.2.4 プロペラ単独動力計	54
9.5 造波特性	52	10.2.5 流速計	54
10. 計測装置	52	10.2.6 その他の計測器	54
10.1 計画	52	11. 計算設備	55
10.2 計器の概要	52	12. 結言	56
10.2.1 抵抗動力計	52	参考文献	56
10.2.2 自航動力計	53	附録 工事記録写真	57
10.2.3 小型自航動力計	54		

1. 緒言

船舶の大型化、高速化および高性能化の世界的傾向にとまぬ、船舶改良の必要性が増大し、この目的にしたがって昭和41年度に三鷹第2船舶試験水槽¹⁾(通称400m水槽)が完成された。この400m水槽を使用して、大型船ならびに高速船の静水中および波浪中における定量的実験、後続波形の精度よい計測、大型模型を含めた相似則等、多くの研究に絶大な威力を発揮しているが、一方、目白支所の施設を日本造船技術センターに分離するに当って、中小型船の実験、各種の基礎的研究試験には不便を感じるほか、近年とみにその必要性を増大している制限水路影響の研究あるいは、風と波が共存する海面に相当する状態での実験ができず、是非とも中型試験水槽を設置する必要性が痛感された。このような状況のもとに今回、長さ150m、幅7.5m、深さ3.5mの中型試験水槽が完成されたので、その建設の概要について報告する。

年度別工事ならびに船研内の主担当者を表1.1に示す。なお、造波装置、計測装置ならびに送風機の特

表1.1 年度別工事ならびに船研内主担当者

年度	工事区分	船研担当者	
45	水槽および建屋	田中, 横尾(直)	
	造波装置	北川, 岡本	
46	曳引車 送風台車 レール トロリー 側面消波装置	上田, 横尾(直), 足達 上田, 横尾(直), 村尾 門井, 小久保 荒井, 尾股, 黒部 川上, 田中	高橋 (筆)
	送風機	村尾, 上田, 北川	
	曳引車制御装置	荒井, 尾股, 黒部	
	計測装置	北川, 武井, 塩沢, 齊藤, 小山	
	計算装置	田中, 尾股	

については別の機会に発表の予定である。また、試験水槽建設の共通的問題については参考文献1)に記載されているので省略することにした。

2. 計画の概要

水槽の主要寸法、曳引車の最高速度、曳引車の構造形式等は、400m水槽で実験を行うにはあまりにも不便、かつ非能率的な実験、あるいは400m水槽では実験不可能な項目をも考慮して計画された。

本水槽は、主として定性的な開発研究に使用されるが、模型船を自航させる場合には定性的といえども、4m~5mの長さが必要である。この模型船について加速装置としては特殊なものを考えずに曳引車がスタートしてから定速度になるまでの時間、模型船ならびに計測器系の応答時間、減速、停止を考えて最少必要長さとして150mに決定した。この長さは2.5m模型を使用しての波浪中試験にとってもぎりぎりの数字と思われる。

水槽の幅および深さは、平水中での常用模型が4m~5m、また、波浪中での模型が約2.5mという考えのもとに、側壁影響および浅水影響をほとんど受けず、しかもblockage effectの研究を400m水槽と本水槽とを併用して行うに便利のように、幅7.5m、深さ3.5mと決定した。

曳引車最高速度は、主としてピッチ比の大きい模型プロペラの単独試験、また、一般船舶以外の実験、たとえばAir Cushion Vehicleの実験等を考慮し、さらに減速度を0.6gにとって、6m/sが決定された。水槽の長さの割に最高速度が大きく、しかも計測時間を長くとりたいという要求のために、後述するような曳引車制動方式にはかなりの注意がはらわれた。

また、非常に必要とされながらも、わが国ではあまり行われなかった浅水中での船舶の推進性能に関する研究を本格的に行うためには、水槽水の深さを加減でき、かつ、浅水中での造波も可能でなければなら

い。水槽側壁および造波機の設計に当っては、これらの条件を満足しうるように特別な考慮がなされた。さらに船舶等の航海性能を総合的に評価する目的をもって、送風機つき台車をも設置することとした。

本工事は、いずれの項目についても単年度予算にて実施されたが、以下その概算工事費を列挙すると、

昭和 45 年度	概算工事費 (百万円)
水槽および建屋	158
造波装置	28
昭和 46 年度	
曳引車, 送風機つき台車, レール, トロリー, 側面消波装置	136
曳引車制御装置	37
計測装置	40
計算設備	32

である。

以下に述べる諸設備の設計の根底となる思想は、取扱いを簡単にして、小人数の研究グループで容易に曳引車の運転および実験が遂行できるようにすることである。

なお、水槽および建屋の建設工事は、その設計、監督を建設省関東地方建設局に委任し、その他の工事は船舶技術研究所が直接にこれに当たった。

3. 水槽本体および建屋

3.1 まえがき

中型試験水槽は、図-3.1 に配置を示すように 400 m

水槽に並んで建設された。両水槽の間隔は、各水槽の側壁の内法で 15.25 m であるが、この距離を決定するには次の考え方を用いた。すなわち、図-3.2 に示すよ

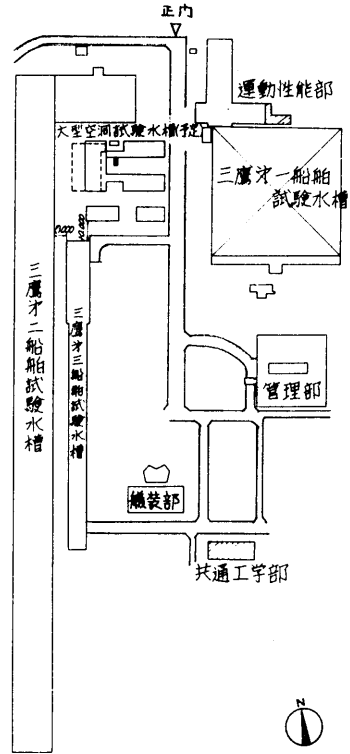


図-3.1 水槽配置図

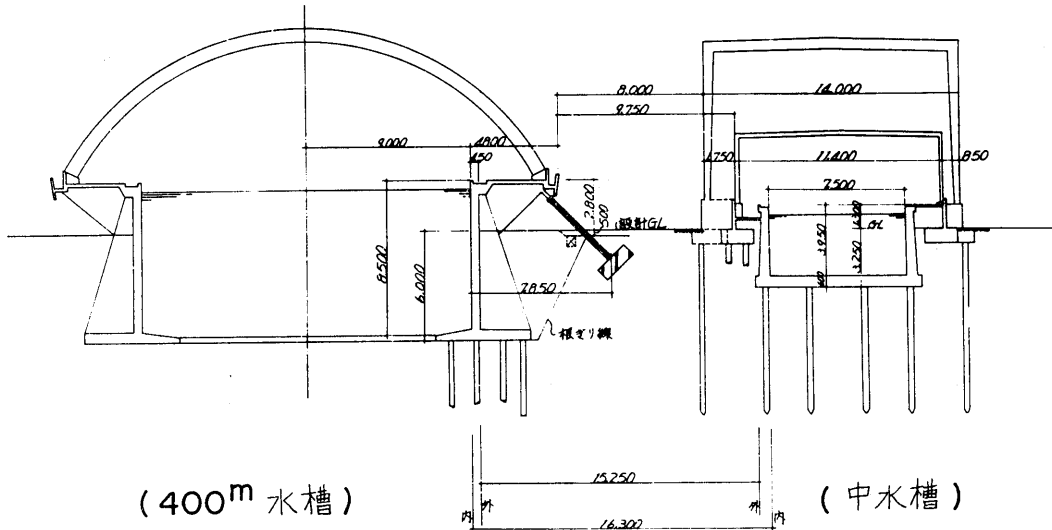
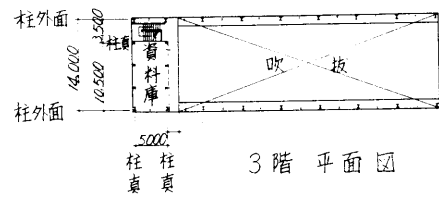
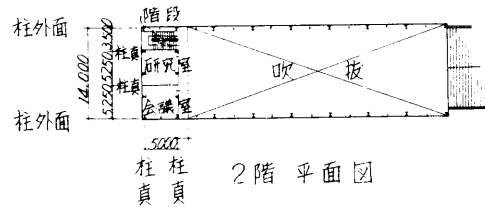
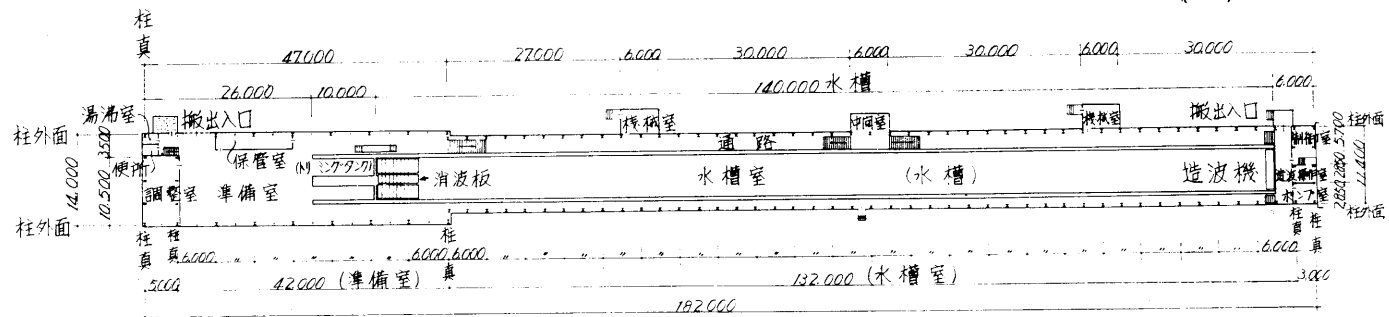


図-3.2 水槽の断面図



(東)



(西)

図-3.3 水槽および建屋内の配置図

うに 400 m 水槽は G.L. (Ground Line) から 6 m 掘削して建設したよう (擁) 壁構造の水槽であるため、中型試験水槽工事に当っては既設水槽の側壁に対する土圧を損はないように計画する必要がある。このために、両水槽の底盤から引いた 45° の仮定の根切線を各水槽側幅への影響範囲と考え、これが地中で交差ししないような配置を図-3.2 のように定めたものである。

建屋と水槽本体の基礎は分離し、それぞれに G.L. から約 10 m 下の砂礫層に達するまで杭を打ってある。水槽建屋は、図-3.3 に配置図を示すように、実験準備場 (北側) と水槽場 (南側) とに分けられ、その主要寸法等を掲げると表-3.1 のとおりである。

表-3.1 水槽および建屋の主要寸法表

	長さ (m)	幅 (m)	高さ (G.L. より (m))	深さ (m)
実験準備場	47.0	14.0	10.3*	—
水槽場	135.0	11.4	5.2*	—
水槽	140.0	7.5	1.3	3.9
トリミング・タンク	10.0	1.2	—	1.7

(* 印は軒高を示す)

実験準備場は主に吹抜けであるが、北端部の 5 m の部分は 3 階建てで、1 階は計測器等の調整室、2 階は研究室、3 階は資料室となっている。本水槽は 400 m 水槽と異なり研究室は主として水槽の管理職員および長期の水槽使用者のために設けられ、比較的限られた面積になっている。しかし一方、実験準備場、調整室等はこの程度の規模の水槽としてはかなり十分な広さを有し、床の仕上げ等に関しても、ほぼ実験室並に扱っている。これは、水槽実験の質が多様化し、高度なものとなるにしたがって、実験もまた精密化し、計測器等も高性能化して塵、湿度にも注意をはらう必要があるからである。また、本水槽には模型船工場等は付属せず、400 m 水槽付属の工場で本水槽用の模型も製作する。このほか、水槽南端部には造波装置操作室、南側変電室および水面掃除用のポンプ室が設けられている。

3.2 水槽本体

3.2.1 概要

水槽本体は、内法寸法で 140 m × 7.5 m (幅) × 3.9 m (深さ) の主要寸法を持ち (標準水位は 3.5 m)、長さ

10 m、幅 1.2 m、深さ 1.7 m のトリミングタンクが付属している。

水槽天端 (頂部) と G.L. の高さ関係を検討することは、建設の費用と完成後の作業性を定める上で重要であるが、本水槽の場合には、使い易い水槽を目標とする立場と、水槽側壁の温度変化を避ける上から図-3.4 に断面図を示すように、水槽本体の深さの 2/3 を G.L. 以下に納めた、このような天端高さを選ぶことによって、図-3.4、図-3.5 に示すように水槽準備場および水槽両側の通路を極力平坦にとりながら、なおトリミングタンクまわりおよび曳引車レールの調整等の作業性を良好にすることができた。

一般的な配置は、南端に造波機 (ブランチャー型)、北端および東西両側に消波装置を設け、トリミングタンクには水密の水門を付けて同タンク内を独立に排水可能とした等、ほぼ 400 m 水槽と似た配置となっている。

3.2.2 構造

400 m 水槽はわずかの量しか水位を変えることができないが、本水槽では、浅水水槽としても使用することがあるために、一時的には乾水状態にも耐えるだけの強度をもたせるように一般の水槽よりも堅牢に設計した。本水槽の大部分の断面は、図-3.4 に示すように、底盤が厚さ 0.6 m、側壁は基部で 0.6 m、頂部で 0.4 m の厚みをもっている。しかし、水槽南端から 9 m の間の側壁は、造波装置の基礎と非常制動装置および可動側面消波装置の基礎を兼ねているために、特に補強して 0.7 m の一様な厚みを持たせてある。

本水槽には伸縮継手がなく、底盤と側壁下端部のコンクリート打継部に止水板 (高さ 150 mm、厚さ 4.5 mm の鋼板) が設けてあるだけで、構造としては一体型である。この結果、満水時と乾水時の水槽幅の変動は、水槽周囲の埋もどし前に実施された過満水テスト (写真-3.1 参照) で約 5 mm であったが、完成後は 1 mm 以下となり所期の目的を達した。工事後の側壁変位の減少については、滑動側壁を持つ船型試験水槽に関して大津留²⁾等の研究があり、傾向としては一致している。このほか、設計者の関東地方建設局によりカールソン型歪計、鉄筋応力計等が約 20 箇所の底盤、側壁内に取付けられ、約 2 年間の観測が続けられたが、特に目立った応力を示したものはない。コンクリートはすべて水密性のものとし (水セメント比 50% 以下、混和剤として AE 減水剤使用)、特に側壁には、コンクリート膨張剤デンカ CSA をセメント 11% 内

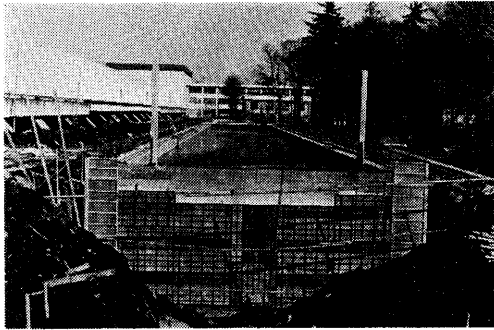


写真-3.1 埋戻し前の注水試験
(造波機側より見る)

割で混合し、無収縮性を持たせた。これらを上記計測の結果から見ると、側壁コンクリートの歪は約 4×10^{-4} の膨張率を示し、多少収縮のあった底盤コンクリートに比べても一応の添加剤の効果が見られた。

3.2.3 内壁の仕上げ

水槽内壁の仕上げ精度について適度な指定基準を設けることは、水槽建設では建設費用と関連して困難な問題の一つであるが、特に本水槽は浅水水槽としても使用されるため底盤の仕上げ精度が重視された。底盤はモルタル仕上げとし、側壁はコンクリート型枠の支持精度を厳密に保ちその表面をグラインダ仕上げとしたが、当初の工事仕様に定めた「側壁の waviness の振幅は、10m 以下の波長のものについては 5mm 以下とする」という目標に達していることがわかった。

水槽建屋工事完成後に実施した水槽内壁の仕上げ精度の検査結果を底盤および側壁について示すと、図-3.6 および 3.7 のようになる。図-3.6 の底盤仕上げ精度は、水槽の中心線上と中心線から東西に各 2.5m の距離の平行線（側壁より各 1.25m）上で計測された。計測方法は水槽に約 120mm の水位に水をはり、水面と底盤までの深さを計ったもので、120mm より深いものに

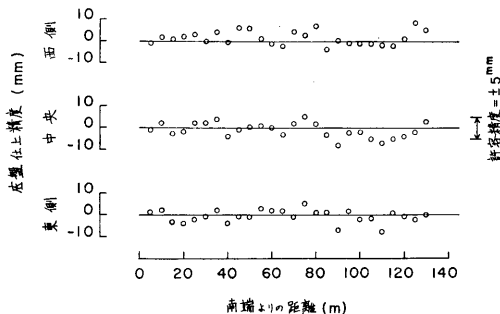


図-3.6 水槽底盤の仕上げ精度

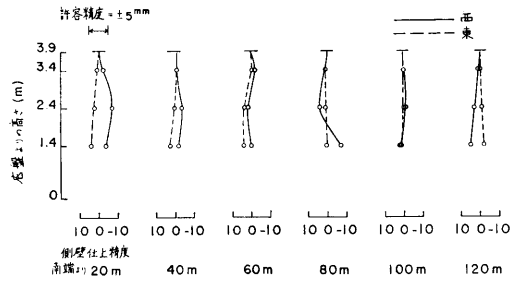


図-3.7 水槽側壁の仕上げ精度

負号、浅いものに正号を付けてある。図-3.7 の側壁の仕上げ精度は、水槽完工時の水の無い状態で内壁の頂部を基準にして、底盤より 1.4m、2.4m および 3.4m の高さの出入りを計測したもので、基準より内側にある場合に負号、外側にある場合に正号を付けてある。

なお、上記の計測のほかに、水槽側壁の直線度、工事期間中における水槽幅の変化の連続記録（この計測は、海洋開発工学部の大津留技官により実施された）、水槽長さ等が工事の各段階で計測比較されている。

3.2.4 給排水設備

3.5m の基準水位をとると水槽水は 3,570m³ あるが、浅水水槽として使用するために、水槽設備の内でも給排水の能力が重視された。完成後の実績によると、給水能力は約 6cm/時、排水能力は自然排水を併用すれば 20cm/時 となっており、フロートレス・スイッチによる自動給排水装置を備えている。水槽水は 400m 水槽と共用の井戸水で、図-3.8 の解説図に示すように、400m 水槽の観測室内で管系を分岐し、中型試験水槽準備場西側の中間貯水槽までいったん送水し、貯水槽から中型試験水槽への給水は、本水槽の給水ポンプによる方式となっている。400m 水槽用の管路との分岐は、モーターバルブにより遠隔操作で行われ、中間貯水槽に設けたフロートレス・スイッチと連動して自動的に給水することができる。このための送水ポンプは、既設の 400m 水槽給水ポンプを共用しているが、容量等を示すと、容量 100m³/時、揚程 10m、管径 150mmφ、5.5kW になっている。また中間貯水槽からの給水ポンプの性能は、容量 80m³/時、揚程 12m、管径 125mmφ、5.5kW である。

排水の方法は、次の 3 種である（図-3.8 参照）。

- 1) 容量 100m³/時、揚程 10m、管径 125mmφ、5.5kW の排水ポンプが設備され、水槽北西端のフロートレス・スイッチで制御される。
- 2) 自然排水孔、東側側壁に底盤から約 1.5m の高

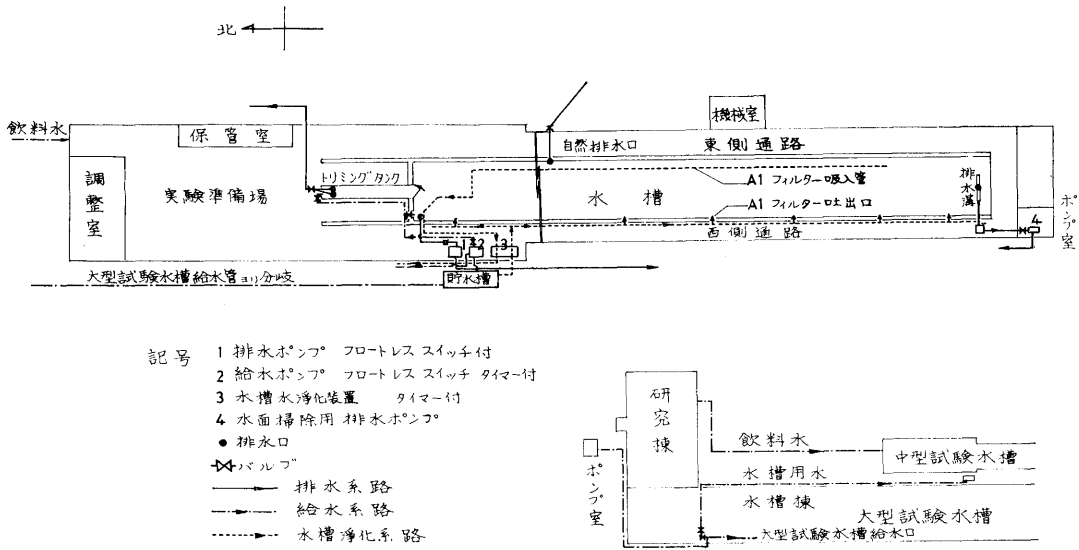


図-3.8 給排水系統図

さに管径 200 mmφ の自然排水孔があり、建屋外側から操作する。

- 3) トリミングタンク内の水を排水する場合には、トリミングタンク北端に管径 100 mmφ の自然排水孔がある。

なお、排水設備とは異なるが、水面掃除用の排水ポンプ（自吸式、容量 30 m³/時、揚程 8 m、管径 80 mmφ、2.2 kW）が水槽南端にあり、造波装置に付属している水面掃除用トラフに集められた汚水を排水するようになっている。また、トリミングタンク北端には、オーバーフローパイプ（管径 100 mmφ）があり、トリミングタンク内の集塵を兼ね、高さを調節することによって水位調整にも役立つようになっている。

3.2.5 浄化装置

浄化装置としては、ミウラ化学装置（株）製、A1 フィルター；PA-60-215 型を使用した。水の吸込みは水槽底東側に配置したビニール・パイプにより行い、吐出孔は、標準水位下 0.1m の西側側壁に 10m ピッチで設けられている。吸込み用のパイプは浅水実験で妨げとなるので取外せるように敷設した。本装置の戸過能力は 60 m³/時 で、タイマーによる自動運転が可能である。また本装置は、水槽水の攪拌にも有効で、5° 程度の上下水温差を一晚の運転でほぼ均一化することができる。なお本装置では、中間貯水槽からの水を直接フィルターで戸過して水槽に給水することもできるようにしている。

3.3 水槽建屋

水槽建屋は、実験準備場と水槽場に分けられる。水槽場は、鉄骨構造で壁面および屋根材には ALC 板（軽量コンクリート板）を使用し、実験準備場は鉄骨構造で外装には亜鉛カラー鉄板を用いて 400m 水槽と調和を保つように考えた。

水槽場には水槽本体のほかに、水槽中央東側に約 35 m² の中間室および 2 箇所に暖房、通風のための機械室を設けた。中間室は、最近の実験では水槽の中間で種々の観測および波高の計測を行う実験が多いが、このために水槽通路全域を広くとることの不経済をさけるために設けられたもので、計測器の搬入、電源等の便がある。水槽通路は、東側の主通路が幅約 1.3m、西側が幅約 0.9m となっている。

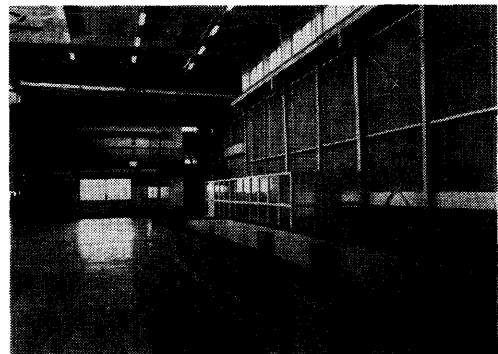


写真-3.2 実験準備場

実験準備場(写真-3.2)には天井走行の5tonクレーンを設備したが、このクレーンは実験準備場全体のほか主水槽の北端から11mのところまで延長している。これは、近年模型の種類が多様化しているので、1.2m幅のトリミングタンクでは実験準備のできない供試体(海洋構造物等)のために用意されたものである。また、水槽南端には造波装置調整等のために3tonのモノレール・ホイストを設置した。

特記すべき事項について述べると、水槽場の採光の一部は、通路壁の下部に6m間隔ではめ込みになっているガラスブロックによっている。本来船型試験水槽では、水槽水に微生物が繁殖するのを防ぐために、水面に直射光がささず、照度も200lux以下とする方が良いと報告されている。また別に、写真撮影等のためにも人工照明に頼る方がよく、400m水槽では完全に外光を遮断した建屋の設計とした。しかし、このため作業環境を悪くする難点があり、本水槽の建屋の採光の設計は両者を満足するよう意図した。すなわち、足もとに光を入れることによって、通路作業の安全と良好な環境を保ち、水槽側壁によって水面へ光の直射を防ぎ、目標として基準水面で約100luxの照度を得るように考えた。

また実験準備場の床の仕上げについては、先にも述べたように従来のモルタル仕上げを改め、ビニール系緑色の塗床とした。これによってモルタル等の粉状の埃の発生を絶ち、計測器の保守に役立たせると同時に、実験準備場の作業環境を工場に近い性格のものから、実験室に近いものに改め、細い神経を必要とする今後の作業に適合するようになった。

本水槽に必要な電力は400m水槽の動力室より分岐し、実験準備場建屋西側の屋外受変電キュービクルで受電している。このキュービクルに設置した機器は、3.3kV 3相 50Hz, 500kVA 受電設備, 3.3kV/415V 3相 400kVA トランス(曳引車, 造波装置用), 3.3kV/210V 3相 75kVA トランス(一般動力用), 3.3kV/105V 単相 3線式 30kVA トランス(一般照明等)および低圧盤一式である。

本項の最後に暖房および通風について付記しておく。水槽建屋の設計で、湿気が多い水槽内の暖房、通風は困難な問題の一つであるが本水槽は壁および屋根材に断熱効果のよいものを使用しているため当面下記設備で満足している。すなわち実験準備場に1台、水槽場の機械室(図-3.3参照)2箇所各に1台の換気装置を兼ねた熱風炉を設け、水槽場内は東側通路上の

ダクトで送風している。容量は、実験準備場のものが100,000Kcal/H, 水槽場のものが1台当り75,000Kcal/Hで、A重油を使用している。貯油槽は、南側機械室の北側地下にあるが、1,900lの貯油量がいくぶん小さすぎた感がある。

4. 曳引車走行用レール等

4.1 まえがき

本水槽において使用する曳引車走行用レールに関しては400m水槽建設時の経験を生かし、レールの加工、継目の接続、溶接手順等は、その際に使用した方法をほとんどそのまま採用したが、一部変更、改良した部分もある。すなわち400m水槽と比較して、

- 1) レールの高低、蛇行の調整代を大きくした。
- 2) 1)に関連しチエアの構造を若干変えた。
- 3) レール接続部の継目板とレールの接触面の機械加工法を変更し、継目板の形状を変えた。
- 4) 曳引車の強制々動は、専用のブレーキレールを設けず、レール頭部側面を利用して行うこととした。

曳引車走行用レール等配置図を図-4.1に示す。

4.2 レールの機械加工

レールとしてはJNR 50 Tレールを採用し、これを加工して所要の形状に仕上げた。レール形状図を図-4.2に示す。機械加工としては、1本の長さを約6mに切断したレール頭部の上面と両側面および底部の下面と両側面を切削加工した後研磨し、その後両端の加工精度の悪い部分を切り落とし、1本5.598m(チエア間隔の整数倍)の長さのレールとした。レールの機械加工はレールが現場で敷設された場合と同じ状態にして行われた。すなわち、工作機械のテーブル上に所定の間隔に支持具を設置し、その上にレールを敷設し、高低、蛇行の調整を行った後レールを固定して機械加工を行った。

加工後のレールの真直度の検査は、上記の状態を保って、オートコリメータにより行われた。レールの加工精度については頭部の上面および側面の真直度は $\pm 2/100$ mm, 表面粗度は6S以上、頭部の下面および側面の表面粗度は25Sとした。

なお、レール頭部の硬度は、素材で $H_S=40\sim 42$ ($H_B=269\sim 285$), 加工後で $H_S=43$ ($H_B=290$)であった。

4.3 レールの接続方法

レールの接続する手順としては、レールの脚部両側面に断目板を当て、コッターおよびボルトにより締め

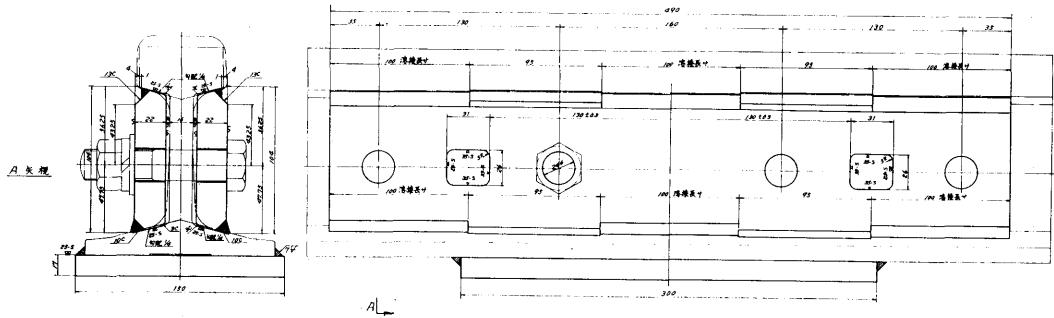


図-4.3 レール接続部

つけ、その後にレールと断面板を溶接して一体とし、レール底面にも継目板を溶接し補強した。なお、現場におけるレールの接続作業を容易にするため、レールと継目板の両者とも、その接触面に機械加工を施した。すなわち、工場において1組のレールをその突き合わせ面で上下、左右の食い違いのないように治具により固定し、レールの継目板の接触する部分に継目板の形状と同じ浅い溝を設け、この溝に継目板をはめこんで締めつけることにより接続部に食い違いが生じないようにし、この1組のレールと継目板に合いマークを打ち、現場においてレールを接続する場合には、この組み合わせを再現することはよりレール敷設作業の効率向上をはかった。レールの接続部の詳細を図-4.3に示す。

レールと継目板を溶接する際の熱応力による歪の影響を考察して、1組のレールの接続部で片側のレールの突き合わせ面の下部（頭部を除き脚部および底部にわたり）に5/100mmのぬすみをとり接続部にギャップを作り、継目板をコッターおよびボルトで締めつけることによりレール頭部にわずかに上向きの変形を与え、この状態で溶接することにより溶接後に接続部上面に水平よりさらに下向きの歪を生じないようにし、溶接完了後、グラインダー仕上げおよびきさげ仕上げにより、わずかに残った上面の歪を落とし、真直とした。

また、接続部の強度をその他の一般部分と比較する目的で、レール敷設完了後に曳引車を除行させてレールの撓みをダイヤルゲージで計測したが、チェアに支持されたレールの中央での撓みは一般部分で約0.20mm、継目部で0.16mmであり、したがって、継目部でも一般部分と同等以上の強度を有することを確認した。

4.4 チェア

試験水槽本体の建設時に、水槽両側壁の天端に幅550mm、深さ80mmの切欠きをレール敷設のために予め準備しておいたが、この切欠きに予めうめこまれている2列の山型鋼に4本のアンカーボルトを溶接し、このアンカーボルトでチェアを支持した。敷設初期のチェア自身の高低、傾きおよび蛇行の調整はアンカーボルトによって行われ、その後、切欠きを無収縮性モルタルにより充填してチェアを固定した。チェアの構造を図-4.4に示す。レールの高低、傾きの調整は、1/6の勾配をもつ左右一対のくさびで行われ、蛇行の調整は左右の押しボルトで行う方式とした。また、くさびが1/6と比較的大きな勾配をもつため、曳引車走行時等の振動でゆるむ恐れがあるため、押しボルトによりとめてある。高低の調整代は基準高さより上下に各5mm、蛇行の調整代は基準中心より左右に各15mmである。曳引車の振動の問題と関連してチェアの設置間隔を933mmとした。

4.5 レールの敷設

レールの敷設精度を表-4.1に示す。

表-4.1 レール敷設精度

	高 低	蛇 行	傾 き
東 側	±2/10mm	±1mm	±1mm/1,000mm
西 側 (基準 レール)		±1/10mm	

レールの敷設精度の計測は、レール上面の高低に関しては、レール上面と水準溝の基準水面との間の距離を触針型デプスマイクロメータにより計測し、側面の蛇行に関しては、水槽長さ150mにわたり線径0.5mmのピアノ線を張りレール側との距離をインサ

る試験, ③風浪中の A.C.V. に関する試験, ④海洋開発用構造物に関する諸試験等を可能にするためには, 曳引車の主構造方式として, 400m 水槽の曳引車のような金属パイプによる背高な立体トラス桁方式や, あるいは, 東京大学の船型試験水槽曳引車, (財)日本造船技術センターの第2水槽曳引車のような型鋼ないしは型管によるトラス桁方式を採用しても初期以後の細部設計段階でいろいろな困難に遭遇することが予期されたので, これらの困難を避け, しかも短日数で設計, 製作が可能であるボックスガードを主構造方式に採用することにした。ボックスガードを構成する材料は SS-41 の鋼板を全面的に使用することにした。

構造方式にはそれぞれ長所・短所がある。しかも短所といっても設計者の努力によって必ずしも短所とならない事柄もある。ボックスガードによる曳引車について, 一般的に考えられている長所と短所を参考までに示せばつぎのようである。短所としては, ①重量が大きくなり, このために大きな動力を要したり, 外乱が大きくなったりする傾向にある。②レール撓みや駆動部などから発生する振動が計測部に伝わりやすい。③溶接組立てを行った場合は精度の経年劣化をきたしやすい。④曳引車の走行による風圧によって水面に波のたつおそれがある。⑤床面が同一平面に納めにくい。⑥床照明が効果的にできない等があげられる。長所としては, ①強度計算が容易。②固有振動数の初期推定が可能。③構造をシンプルにすることができる。④曳引車上をかなりクリヤーとすることが可能。⑤実験の多様性に対処しやすい。⑥局部強度がとりやすい。⑦工作が容易であり現場工期の短縮が計れるなどであろう。

5.3 主桁と主要寸法等

主構造方式としてプレートによるボックスガードを採用したことは前述のとおりである。曳引車を構成する主桁としては水槽幅をまたぐいわば橋桁としての前横桁, 後横桁, これら前後横桁の両端を結ぶ東縦桁, 西縦桁の計4本であり, これらの主桁によって大部分の耐荷重(垂直, 水平など)強度, 機器設置面積などをまかなうこととした。これら4本の主桁の断面形状はいずれも箱型である。

曳引車の主要寸法等は大体つぎのようにして決めた。曳引車の長さについては, 常用模型船の長さを基礎として考えた。2章で述べられているように通常の試験においては長さ5m程度の模型船が使用されるとすれば模型船の取付部の長さは6m必要であり, さら

に, 曳引車の前後を構成する2本の横桁の幅をこれに加えたものが曳引車の長さとなる。桁幅は後述の条件から1.300mとしたので結局曳引車長さは8.600mとなった。主桁下面と基準水面との間隔は, 供試物体の浮上高さを想定して0.700mとしたが, この寸法はつぎのような事柄に関係しているので重要である。すなわち, 曳引車桁下面とトリミングタンク天端との間隔, 実験準備場の床から曳引車桁下面までの高さなどが小さくなると実験準備作業が困難となる。さらにこれは計測機器の設計にも関係する寸法である。曳引車の幅は走行用レールの敷設間隔によっておのずから決まる寸法であり, レール間隔7.940mに対して曳引車の幅は, 8.800mとなった。前後横桁の桁高さ(中央部)は桁の垂直撓み剛性(目標は完成時の曳引車中央部に1.3tonを塔載したとき横桁中央部における荷重撓みが, 0.5m/m以内となること)や, 駆動部を桁内に完全に収納することなどから0.800mとした。同じく桁幅は制動時の水平曲げ剛性, 駆動部収納の関係, ホイルベースをできるだけ最良に近づけるなどの要因を勘案して, 1.300mとした。東西縦桁の寸法は, 主桁の上面をそろえること, レール上面の高さとの関係, 制動時の水平荷重に耐えること, 桁上面に機器の据付面積をとること, 前後横桁との結合を強固にすることなどの要因を考慮して決定した。

4本の主桁に囲まれた部分は計測区域をなすものであり, この区域の説明については後述する。

主桁の製作は, それぞれ個々に溶接組立てが行われたが, 残留応力による経年変化を防止するために, 組立て後十分な焼鈍処理が施された。総合組立てにおける主桁相互の結合は経年変化を避ける意味で溶接を行わず面衝合わせによるリーマボルト締めによった。主要寸法等を表-5.1に, 主桁の構成等を図-5.1に示す。

表-5.1 曳引車の主要寸法等

構造部	
長さ(横主桁の外側間隔)	8.600 m
幅(縦主桁の外側間隔)	8.800 m
桁高さ(横主桁の中央部)	0.800 m
縦主桁の幅	1.400 m
横主桁の幅	1.300 m
基準水面から主桁下面までの高さ	0.700 m
実験準備場床から主桁下面までの高さ	1.400 m
曳引車速度(単独時)	0.100~5.999 m/s
曳引車常備重量	23.6 ton

5.4 加減速度と走行速度

最大加速度は、車輪をスリップさせない条件から、レールと車輪との間のすべり摩擦係数で決定されるが水槽内では常時湿度が高いのでかなりの wet condition を想定して 0.08g (g は重力の加速度) とした。減速度の最大値を決めるにあたっては、曳引車については損傷、破壊等のないこと、実験員に対しては被害のないこと等を目安として最大減速度を 0.7g (曳引車に送風台車を連結して 5m/s で走ったとき 0.7g, 曳引車単独走行では 6m/s で同じく 0.6g…… いずれも後述する) とした。最大減速度に関して上に述べたことはあくまでも非常制動力についてであり、通常の使用時は計測機器、供試物体の両方に損傷を与えないように通常使用時最大減速度を 0.23g と決定した。加減速度を決め、有効走行距離 (水槽長さから非常制動距離, 曳引車長さなどを差引いた距離) を仮定すれば走行速度とその時の計測時間の関係が求められる。最高速時といえども最低約 10 秒程度の計測時間が必要であるという考え方から最高速度を 6m/s とした。

5.5 駆動部

5.5.1 概要

本曳引車は中型であるため、400m 水槽の曳引車におけるような 1 駆動部あたり 2 車輪からなるボギー方式 (車輪荷重を軽減させるためと、レール撓みから発生する起振外力を減少させるため) を本曳引車に採用するとすれば、駆動部の収納が非常に窮屈になるので、単車輪の駆動部を 4 隅に配置することとした。初期計画では常備全重量 (w) を 20 ton と考え 1 車輪当りの荷重を 5 ton としたが、表-5.1 と試験結果の項に示すように完成時重量は 23.6 ton となったので 18% アップとなった。レール幅は 400m 水槽も中水槽も同じであるので、両曳引車 (400m 水槽: 重量約 52.3 ton 8 車輪, 車輪直径約 955 mm ϕ , 中水槽: 重量 23.6 ton, 4 車輪, 車輪直径 800 mm ϕ) における車輪に対する負荷条件 (踏面応力, ヘルツ応力等) は殆んど同一となった。4 車輪に対する静荷重差が $W/4 \times 10\%$ 以内となるように塔載機器の配置を工夫した。

駆動部の構成としては、組込み、分解、調整などの作業が容易であるように十分考慮した結果、東大船型試験水槽曳引台車⁹⁾ と殆んど同じ方式が採用され最終的には、図-5.2, 表-5.2, 写真-5.2 に示すような駆動部となった。レールチエアピッチ l_0 , 東西レールのチエア相互の位置関係 (チエアシフトと名付ける), 曳引車前後の車輪間隔 l_w (ホイールベース) とレ

ールチエアピッチとの関係の 3 つの要素は、レールの撓みによって発生する振動外力に直接関係する。曳引車は比較的複雑な構造をもった弾性体であるために、その中央計測部の振動を最小にするには上記要素の内容を如何に選択すればよいか、簡単には答が導き出せない。横桁の中央部で振動変位を零とするようにチエアシフトに関しては横桁を仮に剛体と考え、チエアシフトを $\frac{1}{2}l_0$ とし、横桁両端に作用する

表-5.2 駆動部の主要目

4 輪駆動		
ホイールベース		7.200 m
車輪	直径	800 ^{+0.025} ₋₀ mm
	踏面幅	80 ^{+0.02} _{-0.05} mm
材質		シリコンマンガン鋼 SSW-QI
表面硬度		Hs 50~53
動的釣合い良さ		JIS 1 級
歯車	ギヤ ピニオン	
	歯形	ハスバ (並歯)
	モジュール	2 (歯直角)
	ネジレ角	10°
	減速比	6.68
	精度	JIS 1 級
	軸中心距離	351.337 mm
	歯数	301 45
	ピッチ円径	611.286 mm 91.388 mm
	材質	SCM 2 SCM 3
回転数	143 rpm 958 rpm	
モータ	30 kW 30 sec 定格,	958 rpm 4 台

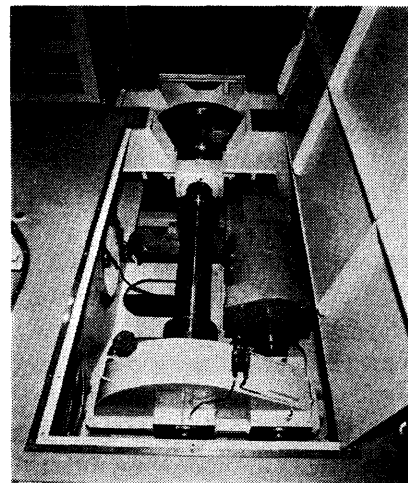


写真-5.2 駆動部

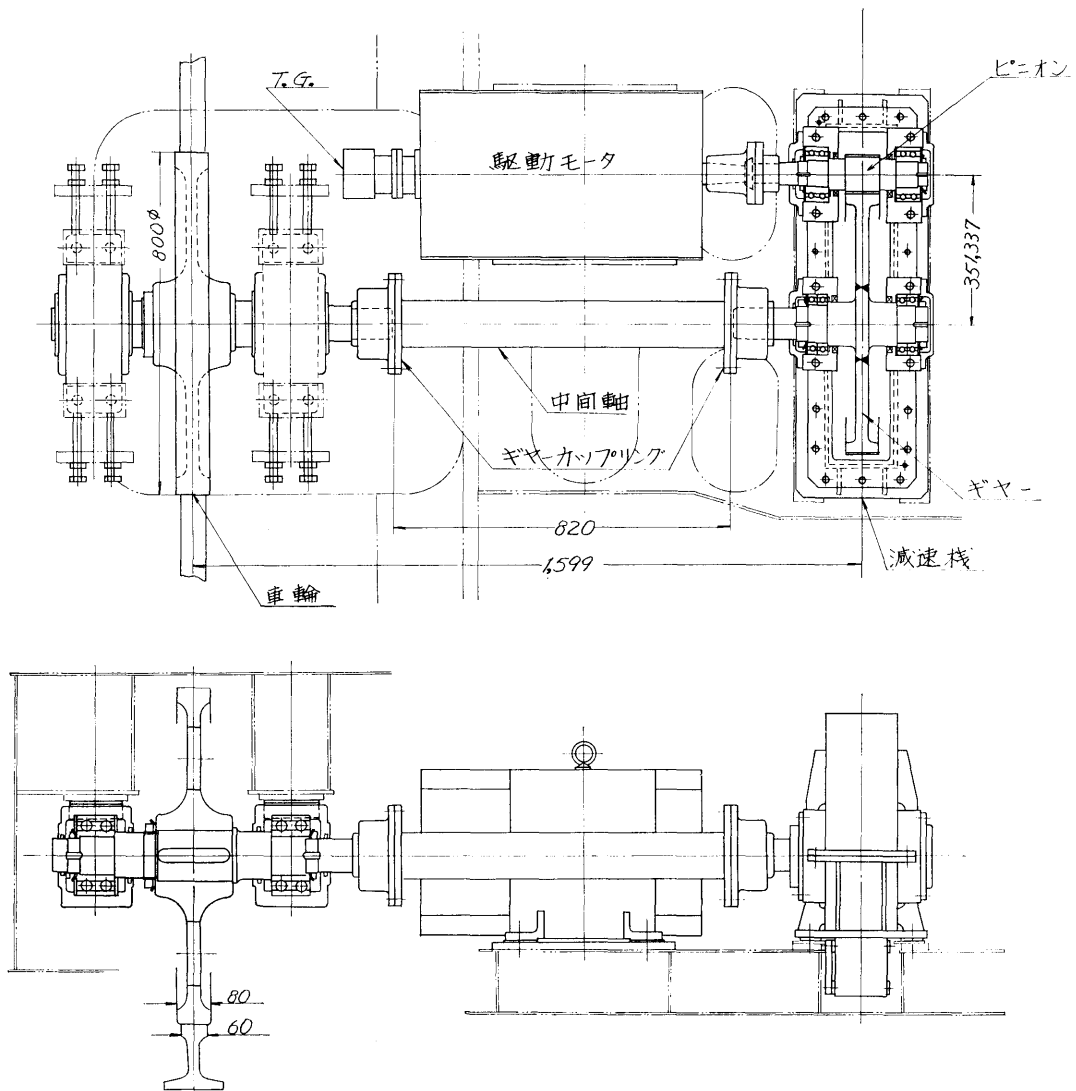


図-5.2 駆動部

振動の位相を π だけずらしたが、これは横桁の自然振動の基本数と振動外力との共振を避ける意味では安全サイドではないかと考えた。ホイールベースとチエアピッチとの関係を $l_w = l_c \cdot m$ で表すと、この m についてもチエアシフトの場合と同様に $m = n + \frac{1}{2}$ (n : 正の整数) とすることを考えたが、計測区域の長さならびに駆動部と横桁端部の取合わせの都合上最終的には、 $l_w = l_c(7 + 0.717) = 7,200 \text{ mm}$ と決定した。チエアピッチ l_c は、文献 4) を参考にするとともに、市販レールを経済的長さに切断すること、加工機械 (切

削、研磨) の容量をも考え合わせて 933 mm とした。

5.5.2 構成

駆動部の主な構成要素はモータ、減速機、中間軸、車輪、調整機構を含む車輪軸受け部からなっている。

以下参考となる事柄を取り出して説明を加える。

車輪: 400 m 水槽曳引車用の車輪は特別製作であったが、今回は鉄道車輪メーカーから量産規格の鍛鋼車輪を購入し焼入切削加工を行った。その結果、非常に良質でしかも安価であった。なお、車輪は静的、動的バランスが十分とられた。

減速機: モータを軽量にし、バックラッシュを少なくするために減速比が 6.68 (301:45) の 1 段減速とした。曳引車速度が 6 m/s のときモータの回転数は 958 rpm である。減速歯車は油密室に納められている。

中間軸と軸継手: 中間軸の両端はギヤー軸と中間軸にギヤーカップリングを用いてそれぞれ結合されている。ギヤーカップリングを採用した理由は結合する両軸間に多少の芯違い、傾きがあっても円滑に動力伝達を行い得て、今後、車輪軸の再調整を行う場合にもその個所の調整だけで済むからである。

5.6 制動装置

本水槽では運転の専任者をおかず、実験グループが自ら運転を行うことをたてまえてしていること、短い水槽ながらかなりの高速で走る能力を有していることのため、制動装置には慎重な検討を加え、安全確保に万全を期さねばならない。このような観点から本曳引車にはつぎのような 3 種類の制動装置を設け、しかも手動操作によるほか、種々のリレーによる自動作動の機能をもたせた。

電気制動装置 (以下電気制動と呼ぶ) 0.01~0.08 g

バネ制動装置 (バネ制動と呼ぶ) 0~0.15 g

非常制動装置 (非常制動と呼ぶ) 0~0.7 g

以下これらの制動装置についての参考事項を記す。

5.6.1 電気制動

走行用モータの電力回生制動を利用した制動であって、その原理、機能、利害点等については改めて記すまでもない。制動力の設定は南進、北進の区別なく運転操作盤の減速度設定器により 0.01 g~0.08 g の間で任意に設定することができ、停止ボタンを押せば設定減速度が作動する。また曳引車が、水槽の南北端に設けられている自動制動区域 (後述) に進入すれば本制動の全力値 (約 0.08 g) が自動的に作動する。ただし、最南端の非常制動区域に進入すれば進入と同時に本制動は自動的に解除される仕組みとなっている。電気制動は曳引車の運転制御装置に依存しているため、運転制御装置の故障時と停電時には無効となる。制動力は曳引車が停止すれば自動消滅する。

5.6.2 バネ制動

本制動は 5.6.1 の電気制動よりもさらに大きな制動力を得るためであり、低速走行時の非常用、高速走行時の通常用として使用されるものである。本制動は曳引車の走行用レールの頂部両側面を制動シューではさむ方式で、制動力は圧縮コイルバネで発生させている。本制動を作用させないためのシューの解放は油圧力に

よって行うので、油圧力の低下が制動力の発生となり安全サイドの制動装置である。制動装置は東西縦桁下にそれぞれ 4 基ずつ計 8 基設けられ、東西の 1 基が一对となって 1 段の作動をするので本制動は 4 段階の制動力を発生する。すなわち、運転操作盤に設けられた本制動用レバーを回すことにより 図-5.3 に示すような制動力が得られる。

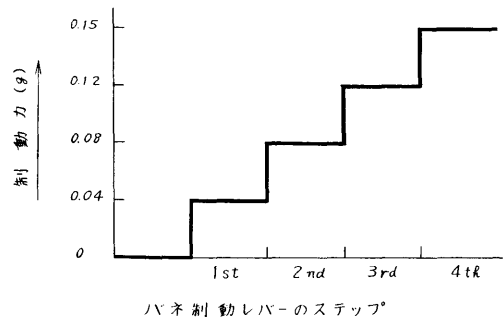


図-5.3 バネ制動のレバーと制動力の関係

本制動が作動する場合を挙げると次のとおりである。

- ① 運転操作盤上のレバーを操作したとき
- ② 曳引車の駆動用電源がシャ断したとき (停電時を含む)
- ③ 制御電源切のボタンスイッチを押したとき
- ④ 3 m/s 以上で北進して水槽北端に設けられている自動制動区域内の作動点に進入したとき (このときは本制動の全力値および電気制動の全力値 0.15 g+0.08 g が作動する……この場合を北端非常制動と呼ぶ)
- ⑤ 制動装置の油圧系統上の故障などで油圧が異状に低下したとき。

本制動装置の構造部分を 図-5.4 に示す。本図に示されているように、制動力はバネ押しボルトにより、シューとレールの間隙は、間隙調整ボルトによってそれぞれ調整可能である。また、シューの作動速度は油圧回路中の流量絞り弁によって加減ができ、衝撃的な作動を防止している。

本制動の開放は制動レバーを戻すことによって自動的に行われるが、故障時、通電停止時、停電時に本制動を開放するには油圧系路中に設けられている手動ポンプを使用する。

曳引車の制御電源を投入して後、油圧ポンプを作動させれば、蓄圧ポンプ (窒素ガスが 35 kg/cm² で封入

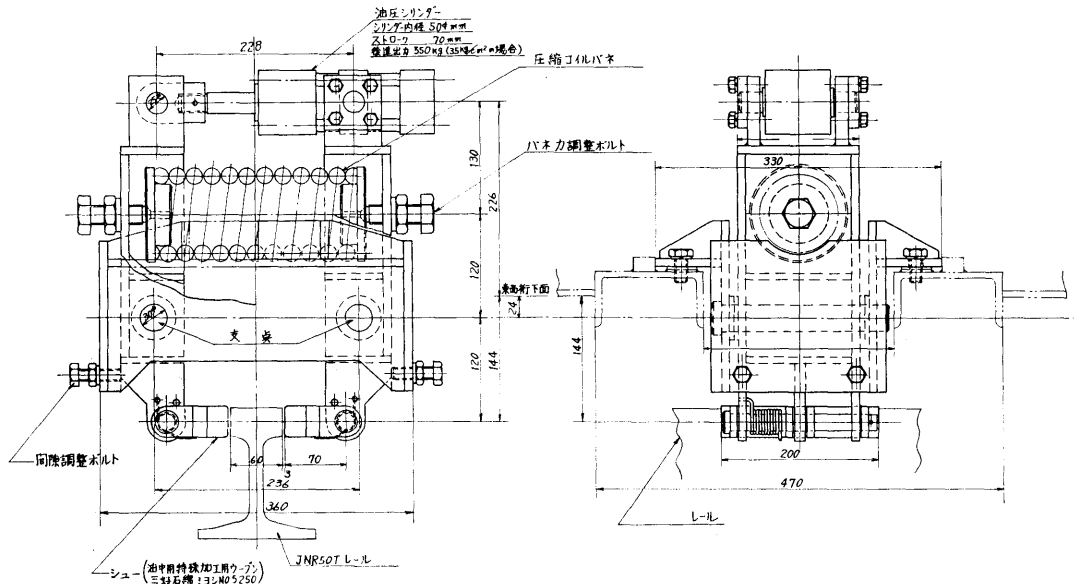


図-5.4 バネ制動装置の構造

されている)の圧力が 90 kg/cm^2 になるまで油圧ポンプは onload 運転し、 45 kg/cm^2 まで圧力が低下するまで(自然低下時間は約 35 分)油圧ポンプは unload 運転となる。蓄圧ポンベの入れ込み圧力、切離し圧力に対する油圧ポンプの自動運転はそれぞれの圧力検出スイッチによって行われる。ただし、南向きに発進し、走行している間は計測を邪魔させないためにたとえ入れ込み圧力以下に下ってもポンプは一切運転しないようになっている。ただし、注意喚起のために 35 kg/cm^2 になればベルがなる。制動シユを開放維持させるための油圧シリンダー圧力は 25 kg/cm^2 としているので蓄圧ポンベから出る油圧系路には減圧弁が設けられている。油圧シリンダーには圧力検出スイッチが取付けられており、油圧シリンダー内の圧力が 25 kg/cm^2 以下になると制動力発生信号を出し曳引車を停止させる。また、 25 kg/cm^2 より高い状態ではシユ開放の信号を出す。

モータ、油圧ポンプ、圧力計、圧力設定スイッチ、パルプ類、手動ポンプ等は油圧装置のユニットとしてまとめられ、これを西縦桁上に、オイルタンクはユニット直下の西縦桁内に、蓄圧ポンベは前横断内にそれぞれ設置された。油圧ポンプは振動源となるので特殊防振ゴムを使って取付けられている。また、油圧装置ユニットは騒音源でもあるので、密閉函に収められている。

5.6.3 非常制動

非常制動装置は、高速走行時にバネ制動をかけても停止距離が不足した場合、あるいは制動を忘れられたとき、または制動装置が何らかの原因によって故障した場合などに対処する目的で作られた。暴走時の最悪事態の場合でも曳引車、実験者に障害を与えずに安全に停止させることをねらいとして設置した。しかし一方、非常制動装置の占める区域は曳引車の走行可能距離を減殺することになり、したがって、短い水槽においてはこの区域をできるだけ短くする必要がある。上記の事柄を勘案して必要限度一杯と考えられる大きな減速度とせざるを得なかった。

本制動は、シリンダー内の流体をピストンでおしてシリンダー壁のオリフィスから噴出させるときに発生する流体抵抗を応用した方式のものである。

設計はほぼ下記の条件で行われた。

- (1) 曳引車単独(重量 23.6 ton)で 6 m/s で進入したとき 0.6 g の制動力が得られること。
- (2) 曳引車が送風台車(重量約 10 ton 後述)を連結して 5 m/s で進入したとき 0.7 g の制動力が得られること。
- (3) 進入速度(v)と制動減速度(α)との間に大体次のような関係が成立つような制動力を発生させること。すなわち (1) の場合 $\alpha = 0.6 \text{ g} \times (v/6)^2$
(2) の場合 $\alpha = 0.7 \text{ g} \times (v/5)^2$

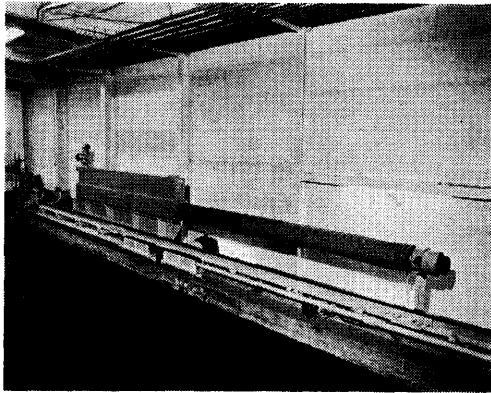


写真-5.3 非常制動装置

(4) 制動装置の作動中は減速度が殆んど一定値となり、振動性状を示さないこと。特に、制動の開始時と、停止時の直前に減速度に極端なピークが現れないこと。

(5) 制動距離はすべての場合に対して約3mであること。

本制動の特性に関する計算方式の概略については、文献 1) を参照されたい。

本制動の外形図と写真をそれぞれ 図-5.5 と 写真-5.3 に、水槽南端部に設置した配置を 図-5.6 に示す。

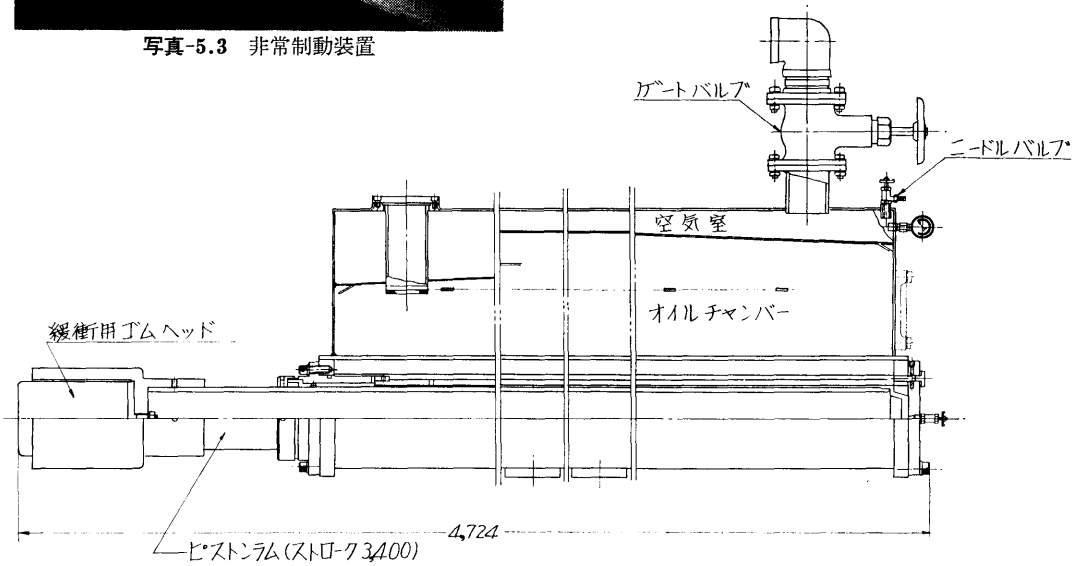
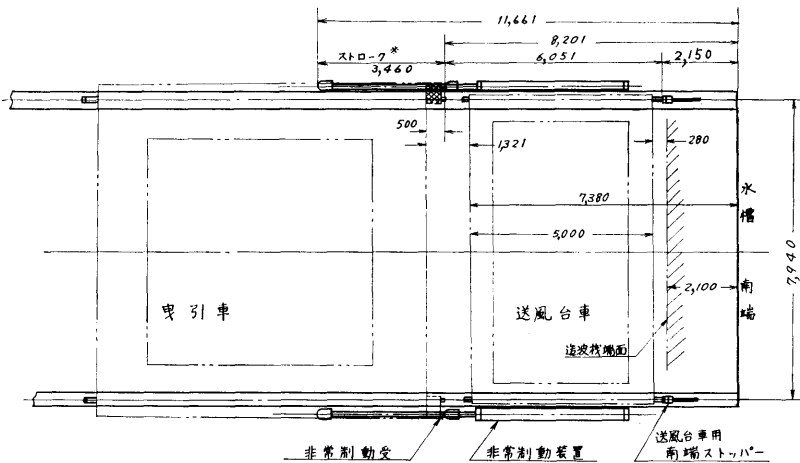


図-5.5 非常制動装置の外形図



※:ピストンストローク 3400+ゴムヘッド 縮み60

図-5.6 非常制動装置の配置図

緩衝流体にはオイルを使用し、ピストンラムのストロークは 3,400 mm とした。1 基の発生する最大制動力は約 12 ton である。

一端停止後の戻し力を許すとすればオイルチャンバー上の空気室のゲートバルブを絞れば制動力の増大を計ることもできる。非常制動の使用後はピストンラムを必ず復帰しておかねばならないが、復帰させる場合は、ゲートバルブを閉じ、ニードルバルブに空気コンプレッサーを継ぎ、圧縮空気を空気室に送り込めばピストンラムは、容易に復帰させ得る。完全に復帰すれば、確認用の緑色灯（作動準備完了の確認を水槽北端部の曳引車上から行い得るための指示灯）が自動点灯する。このようにして復帰した後にゲートバルブを開放しておく。

非常制動装置の設置されている区域は、通常、送風台車の収納位置として利用される。

5.6.4 自動制動区域

安全性の確保に万全を期すため、水槽側の所定位置に遮磁板を、曳引車側には無接触リレーをそれぞれ取付け、これらの作用によって制動装置を自動的に作動させるようにした。手動操作による制動は勿論常時確保されている。無接触リレーの作用点と制動の作動内容を 図-5.7 に示す。

図-5.7 において①、②点は北進時のみ、③～⑦点は南進時のみ有効となるように進行方向選択ボタンと連動したシーケンスが組まれている。

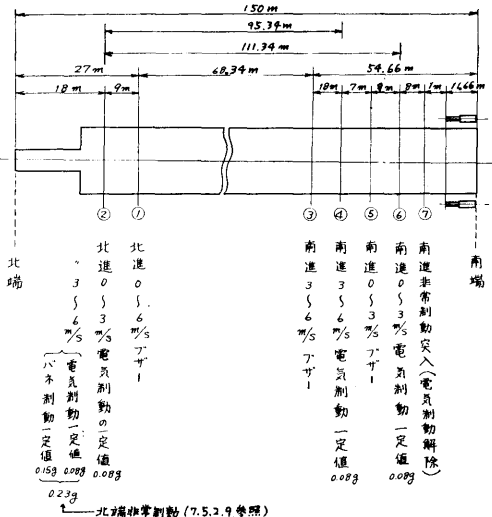


図-5.7 自動制動の作動内容（曳引車単独運転時の例）

0~3 m/s における②、⑤、⑥、3~6 m/s における②、③、④の動作選択についても、速度設定器からの指令によってそれぞれ専用の無接触リレーを作動させ得る。

①～⑦点の水槽端からの距離を決定した根拠は表-5.3 に示すとおりである。無接触リレーは、北進時に

表-5.3 自動制動区域におけるリレーの作動点設定の根拠

北進時：②点

	速度範囲 (m/s)	減速度 (g)	停止 距離 (m)
曳引車単独	3 (0~3)	0.08	5.7
曳引車 +送風台車	6 (3~6)	0.08+0.15=0.23	8.0
曳引車 +送風台車	3 (0~3)	0.08×0.7 =0.056	8.2
曳引車 +送風台車	5 (3~5)	0.23×0.7 =0.161	7.9

南進時：⑥点

	速度範囲 (m/s)	減速度 (g)	停止 距離 (m)
曳引車単独	3 (0~3)	0.08	5.7
曳引車 +送風台車	3 (0~3)	0.08×0.7=0.056	8.2

南進時：④点

	速度範囲 (m/s)	減速度 (g)	停止 距離 (m)
曳引車単独	6 (3~6)	0.08	23.0
曳引車 +送風台車	5 (3~5)	0.08×0.7=0.56	22.8

作用するものは曳引車の北側の集電塔に、南進時に作用するのは南側の集電塔にそれぞれ取付けられているので、表-5.3 にみられるように北進時の曳引車はトリミングタンク北端から約 10m の地点に、南進時の曳引車は非常制動装置に達する地点でそれぞれ停止する。

①、③、⑤は、曳引車がそれぞれ②、④、⑥に到る前にベルを鳴らすためのリレーである。

⑦は、非常制動に進入する直前に電気制動の回路のみを遮断するリレーである。これらの自動制動を避けて自動制動区域に曳引車を進入させる場合は自動制動リセットボタンスイッチを押して通過すれば無接触リレーは作動しない。

低速走行 (0~3 m/s) において自動制動のかからない走行距離は②～⑥間から略曳引車全長を差引いた 102 m である。

5.6.5 制動装置の併用

電気制動の設定値あるいは電気制動の一定値（自動

制動において使用される)と非常制動との併用はなく(前述のように、非常制動区域に進入した場合には電気制動はオフになる)バネ制動とのみ併用されるのでそのときの併用最大制動力は 0.23 g である。バネ制動と非常制動の併用は、曳引車単独で 6 m/s の速度のとき最大制動力は 0.75 g、送風台車連結では 5 m/s の速度のとき約 0.81 g に達することも可能性としてないわけではない。換言すれば単独あるいは連結時における最高速度で南進してそのまま非常制動に突入し、非常制動の最大値の作動中に、さらにバネ制動のレバーを一杯までまわすか、あるいはこの間にバネ制動の全力値が自動的に作動するような事態(5.6.2 参照)が発生したときには併用の最大制動力が作動する。しかし、非常制動に到るまでの各種の事態に対する種々の対策がすべて無効となったり、あるいはそれまでに何んらの対処もとらなかったという可能性は極めて少ない上に、また、上述の併用を行うことの可能性は殆んど皆無であろうと考えられる。

5.7 計測区域

図-5.1 に示されているように4本の主桁によって囲まれた区域は、いわゆる計測区域として使用される所であり、長さ×幅=6m×6mである。この区域は通常の試験の場合は図-5.1 に示す状態で使用されるが、特殊使用に対しては、図-5.1 に示す2本の計測桁東西の計測床をとりはずしてこの計測区域を完全にクリアーとすることもできる。

5.7.1 常用計測桁

通常使用の状態においては、計測区域の中央部に2本の常用計測桁が渡され、この2本の桁に計測機器類が取付けられる。本計測桁は断面 300 mm×300 mm のボックスガダである。前後横桁の内側に計測桁、計測床を支持するための長さ 4.5 m のレール(計測部支持レールと名付ける)が設けられているが、このレール上の任意の位置に計測桁を設置することができ、いずれの位置においても計測桁上面に取付けられている計測レール(30 mm×30 mm 長さ約 6 m のステンレス製)上面と基準水面までの距離は 1,037 mm に保たれる。2本の計測桁を曳引車中心に対して対面においたとき、その内面間隔がトリミングタンク幅と同じ 1,200 mm となる位置を計測桁の標準位置としており、このときの計測レール内面間隔は 1,470 mm である。計測レールの要目を表-5.4 に示す。本水槽における通常試験用計測機器は、計測桁を標準位置に設置したときに取付けられるようになっているが、400 m 水槽

表-5.4 計測レールの要目

レールの長さ	5,980 mm
レールの内面間隔	1,470 mm
レールの上面から基準水面までの距離	1,037 mm

用小型 P.O.T. 動力計(P.O.T.: プロペラ単独試験)を本水槽において使用する場合には東側の計測桁のみを 400 mm 東へ移設することにした。計測桁のこの状態を仮りに P.O.T. 位置と名付けると、計測桁は標準位置と P.O.T. 位置においてのみノックピンで位置が固定される。計測桁の標準位置における寸法関係を図-5.1 中の拡大図および図-5.10 に示す。計測桁は前後の両端(図-5.1 中の C 部)を図-5.8 に示す固着方

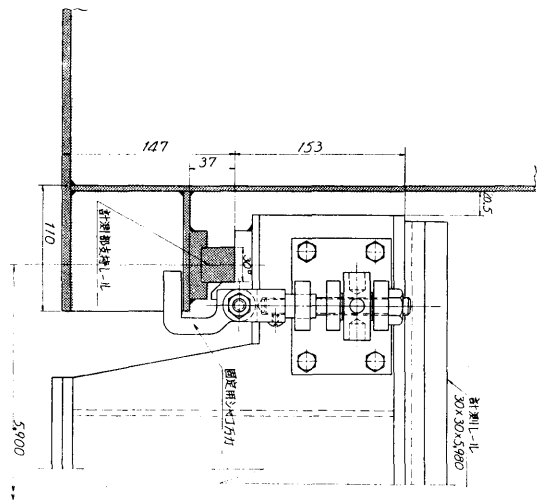


図-5.8 常用計測桁の固着方法

法で固着するだけであり、ねじれ、まがりなどの経年変化をきたすおそれがあったので、計測桁全体に対して溶接組立後十分な焼鈍処理が施された。強度条件は桁1本の中央に 0.65 ton の集中荷重をのせ、この点の荷重撓みが 1.0 mm 以内になることを目標とした。計測桁の内部には計測用および実験灯用の電源コンセントが設置された。

5.7.2 計測床

図-5.1 中に示されているように、一対の計測桁の外側に東計測床、西計測床を設けた。

計測床は計測部支持レール(5.7.1 中に記したもの)にさし渡された溝型鋼によって支持され、この型鋼に床板をはめ込む構造となっている。溝型鋼と床板の取りはずしは容易である。一般には西床が計測作業に使用され、東床は補助的なものと考えており船側波形の観測を行うときは東床をはずすことになる。床上の計

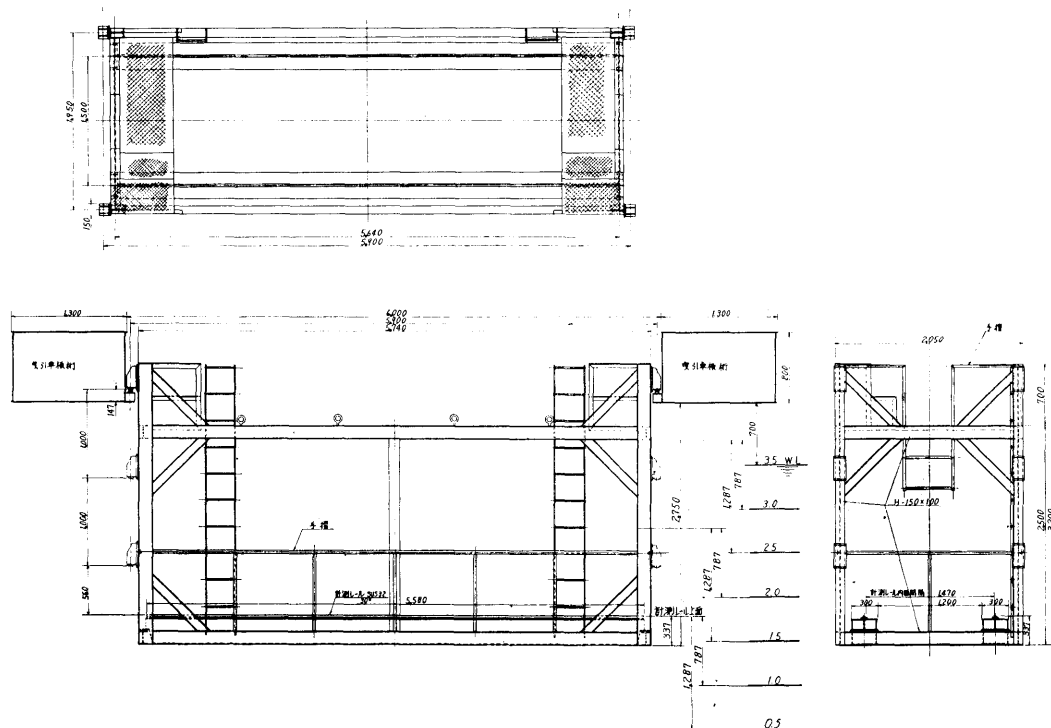


図-5.9 浅水実験用計測架台

測員等の移動による振動が計測機器に伝わることを防止するために東西の計測床はいずれも計測桁とは直接には接続されていない。西床の床板は全体を5分割してあり、その中の1枚は扉式で、上方にもち上げ、たて掛けられるようになっている。この開口部は実験準備床からリフト（テーブルリフター）を使って中量計測機器を曳引車上に搭載するときに利用される。東床の長手両端面と計測桁および東縦桁との間には、いずれも間隙が設けられている。計測桁側の間隙は実験準備のときの便利を計ったものであるが、補助床板で塞ぐこともできる。一方、東縦桁側の間隙は、カメラ、写真ランプを吊り上げるためのものである。なお、東床の裏面には一般照明用ランプのグリップをはさむためのパイプが2条取付けられている。

床板は耐水合板に淡茶色のロンリュームが張られ真鍮板で縁取りされている。床強度は 200 kg/m^2 、東西床とも全荷重 $1 \text{ ton}/12 \text{ m}^2$ に耐えうるものである。さらに曳引車の4本の主桁上面にもすべりどめの意味で床張りと同じロンリュームが張られている。

5.7.3 浅水実験用計測架台

船舶の推進性能におよぼす浅水影響（浅い海域にお

ける速力試験とか浅い水路を航行する場合）を研究するために本計測架台が製作された。本架台の設計に対する要件としては、(1) 最高走行速度 3 m/s 、(2) 最高加減速度 0.08 g 、(3) 本架台中に設けられる計測桁の中央に 1.3 ton を搭載して、その点の荷重撓みが 3 mm 以内、(4) 長さ×幅×高さは $7 \text{ m} \times 2.1 \text{ m} \times 3.7 \text{ m}$ 以内、(5) 重量を 2 ton 以内とするなどを目標とした。製作された本架台を図-5.9および写真-5.4に示す。本架台は、常用計測桁、計測床などを取りはずし

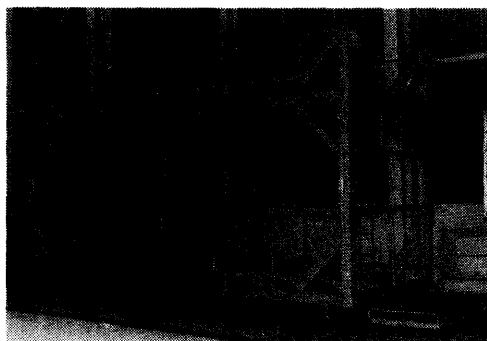


写真-5.4 浅水実験用計測架台

灯, ストロボライト用電源, 実験用電灯 (以下略して実験灯), ヒータおよびデジタル計測記録装置に使用される。

5.8.3 A.C. 100 V 定電圧電源 (計測機器用)

5.8.2 にのべた A.C. 100 V 電源の配電盤から一回路を分岐して, これを定電圧装置 (AVR) に入れた。計測機器の電源は定電圧電源からとることをたてまえた。定電圧装置は容量 3 kVA, 入力電圧 100 V ± 15 V に対して出力電圧は 100 V ± 1 V, 歪率 3% 以内の磁気増幅型である。

5.8.4 受配電盤, 電源コンセント配置等

400 V の受配電盤, 200 V, 100 V の配電盤は 1 つの盤にまとめて西縦桁上に設置された。205 V 50 kVA, 105 V 15 kVA の各トランス, 100 V 3 kVA AVR は, いずれも西縦桁上に設置された。ただし, AVR は振動源となるので防振ゴムを介して設置された。

映画照明用電源は, 東縦桁の軽目孔を利用して取付けたターミナル箱に接続されており, 箱には

赤字で A.C. 220 V 15 kVA の標示が何されている。

実験灯用電源は, 東縦桁, 東西計測桁の軽目孔内に分散して, 計 12 ケのコンセントに接続されている。コンセント 1 ケ当りの容量は max. 15 A であり, コンセントには電灯用の標示が付されている。

定電圧の計測用電源は, 東西縦桁, 東西計測桁内に分散され計 14 ケのコンセントに接続されており, コンセント 1 ケ当りの容量は max. 15 A であり, 計測用の標示が付されている。

なお, 常用計測桁内には前述のとおり実験灯用と計測用の電源コンセントが設けられているが, 計測桁を移動あるいは撤去することがあるので, これらのコンセントには固定配線による給電ができず, したがって, 曳引車主桁側に設けられた親コンセントに主幹ケーブルを接続して給電する。

電源コンセント類の配置を受配電盤, 電気機器等の配置などと合わせて 図-5.13 に示す。

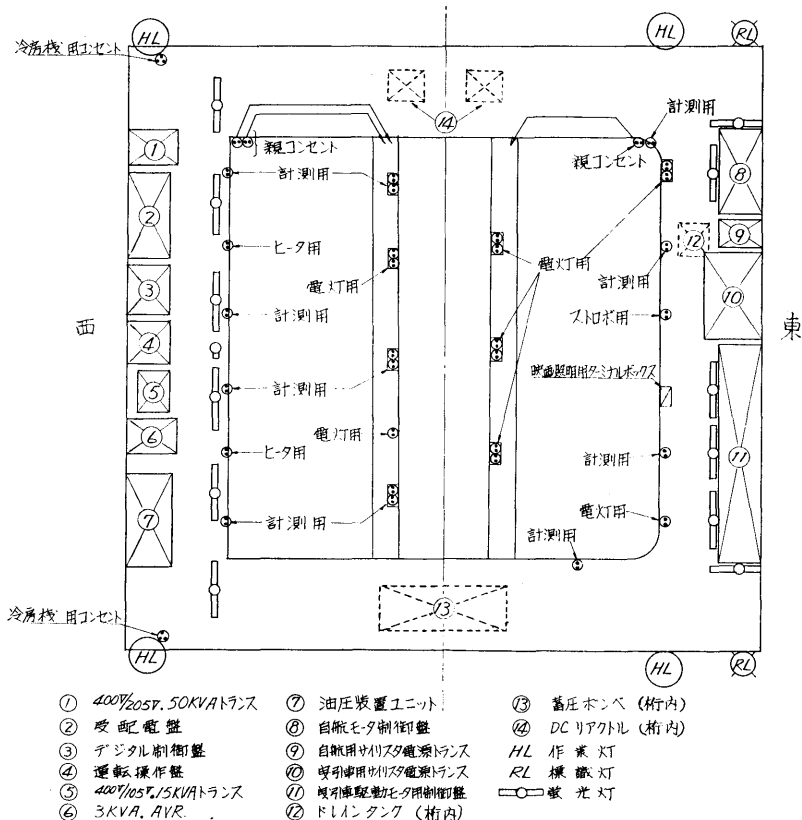


図-5.13 電気関係等配置図

5.9 照明灯等

5.9.1 床照明

ボックスガーダ型曳引車の場合には照明具を取付ける柱がないために床上（模型船取付部，計測床，主桁上面）を効果的に照明することはかなり困難であり，かりに水槽天井灯のみに頼るとすると，照度不足となる。このような事情から場所別の必要照度，効果的照明（高さ，角度，均一照度等）といった面をある程度犠牲にせざるを得ず，結局，可能な方法でできるだけ照明を行うということにした。

曳引車の東側は，東縦桁上の駆動制御盤の頂部に蛍光灯を取付け，西側は防護ネット（5.10 参照）のフレームに蛍光灯を取付けて，それぞれの床照明を施した。蛍光灯としては，主として 20 W 並列の防湿，防振型器具を使用した。

5.9.2 作業灯

作業灯は水槽槽路上の作業に対して照明を行うとともに，曳引車の走行にともなう障害の有無を監視するためのものであり，曳引車西側前後の集電塔を利用して 1 基ずつ，東側は前後横桁上の東端に専用台を設けて 1 基ずつ，計 4 基設置した。使用灯は 700 W の高圧水銀灯であり，器具は容易に取りはずし可能にされている。

5.9.3 ストロボライト

ストロボライトの配置には，東計測床と東縦桁との間にある 150 mm の間隙が利用された。この間隙にそって東縦桁に写真撮影用フレームが設けられているが，ストロボライトやカメラはこのフレームに補助器具を使って固定される。東計測床を敷設している場合は，床下を通して模型船等を照明し，撮影することになる。長い被写体に対して略均一照度になるようにストロボライトは上記フレームにそって 6 個配置され，それぞれに付属された受光器が親のフラッシュ光を受けて同時に発光する方式とした。

5.9.4 標識灯

曳引車東側の前後にそれぞれ 1 基ずつ赤色標識灯が設けられた。この標識灯は曳引車の進行状態を示すもので，水槽内のどの位置にあっても赤色点灯を認めれば，曳引車はその位置に近づいていることを示す。遠ざかっているときや停止しているときは一切点灯しない。

5.9.5 実験灯

実験灯とは模型船等の供試体あるいは，計測機器などを照明するための電灯（たとえば，リフレクターラ

ンプ）であり，その取付けは東側床下面に設けられている 2 条の金属パイプにクリップではさむことにした。実験灯用の電源は，5.8.4 でも述べたように計測桁の軽目孔を利用して取付けられている電灯用コンセントからとることになっている。

以上のうち床照明用の蛍光灯，作業灯，標識灯の配置を図-5.13 に示す。

5.10 関連設備，繕装品等

曳引車としての基本的な機能を発揮するための設備として，集電塔（西側の前，後に 1 基ずつつけられた），ストッパー受け（北端部ストッパーに対するもの），非常制動受け，バッファー受け（送風台車との緩衝用として非常制動受けに並んで取付けられている），ガイドローラ，脱線防止金具，送風台車連結装置，偏向ダクトの吊金具（6 章参照）が設けられた。保安設備としては西縦桁上のトロリー線下面に防護ネットが張られた。また，実験に関連したものとしては，写真撮影台，流速計取付け台，曳引車の縦中心線の標示片，実験機器取付け用フレーム，写真撮影用フレーム，ドレインタンク，実験番号標示器，スケール類が製作ないしは設備された。

そのほか，手摺り，曳引車昇降台，昇降用の補助足場と補助ステップ，冷房機，ヒータ，手動油圧式テーブルリフターなどが製作ないし購入された。

これらのうち多少参考となる事項について説明を加える。

5.10.1 実験機器取付け用フレーム

曳引車の前後面すなわち，前横桁の前面と後横桁の後面の水槽幅方向に長さ約 7 m の型鋼が上下に 2 条取付けられた。このフレームには任意に開孔等を行ってもよいことにし，実験の便利を計った。写真撮影台，流速計取付け台はこのフレームを利用して曳引車に取付けられている。

5.10.2 手摺り

曳引車上の保安必要な個所に，クロームメッキの施こされた金属パイプ製の手摺りが取付けられた。手摺りは約 1.5 m 位の長さに分割されており，それらの全部が差込み式となっている。したがって unnecessary 場合には，その個所を容易に取りはずすことができる。

5.10.3 曳引車昇降台

建屋，水槽北端部のフローレベルなどの工夫次第で曳引車の昇降をかなり便利にすることも可能であるが，本水槽にはこのような面での特別な工夫は施こされていない。また，曳引車をボックスガーダ型とした

ためもあって、水槽北端部のフローアから曳引車上面まで 2.2 m となってしまった。このために、かなり脚長の昇降台が設けられている。曳引車上面から水槽通路までの高さは 1.8 m であり、水槽の途中で曳引車から通路に降りるときは昇降用の補助足場と補助ステップを使うことにした。

5.10.4 冷房機

実験環境の向上を計るために冷房機を設置した。西計測床上に前後から冷風を送り込むため、前後横桁上に 1 基ずつ計 2 基の空冷式冷房機(冷房能力 4500 kcal/h, 風量 14 m³/min)を備えたが、室内、室外ユニットを 1 つの長い堅牢な枠に納めて 1 基とし、クレーンによって夏季のみ曳引車上に搭載することにした。室外ユニットから出る熱排気は西側通路に捨てている。計測床上にスポット的に乾燥冷風を送ることができるので、高温多湿の環境にあっても快適な計測作業ができるようになった。

5.10.5 スケール類

実験準備、計測作業を便利にするためにつぎの個所にスケール(1 mm 目盛の汎用スケール)をはりつけた。

- ① 常用計測桁の計測レールの近傍
- ② 浅水実験用架台内の計測レールの近傍

計測器を 2 本の計測桁にさし渡して取付ける場合、計測器の桁材の位置が、両計測桁上のスケールで同一目盛になるようにすれば桁材は水槽中心線に対して直角となる。

- ③ 計測部支持レールの近傍

計測桁を支持レール上において任意位置に移動させる場合、前後のスケールの同一目盛にあわせれば、計測桁を水槽中心線と平行に設置することができる。

- ④ 東縦桁の外面

この個所のスケールは、東通路上に設定した測定点と、走行する曳引車(あるいは供試物体)との位置関係を見出すための目安用である。

5.10.6 ドレインタンク

自航試験時は模型船内へ、P.O.T. 時は P.O.T. 用動力計内へ漏水するが、これらの漏水は油を含んでいるので水槽へ捨てることはできない。したがってこれを曳引車上においたポンプで揚水し、一時、曳引車上に貯水しておくためにドレインタンクを設けた。ドレインタンクは給排水栓、水位ゲージのついた容量 0.2 m³ の密閉型タンクであり東縦桁内に収納されている。

5.11 塗 装

塗装は下地処理、下塗り錆止め、上塗り化粧塗装の

順で行われた。下地処理はディスクサンダー等によりルーズミルスケール、赤錆び等を落す。下塗り錆止めは鉄面用の速乾性メタルプライマーを刷毛によって 2 回塗りし、4 時間余りの自然乾燥を行って硬化させた。上塗り化粧塗装はボデラック 1000 級の塗料を刷毛によって 2 回塗りし、自然放置乾燥とした。塗装色は、全般的には淡青緑色(dusty jade green)としたが、非常制動装置や一部注意箇所は黄色とした。

5.12 試験成績

検査としては中間検査と完成時検査とがあるが、完成時検査の成績に主眼をおいて記述することとし、中間検査については項目だけを挙げ、参考事項以外は内容を省略する。

5.12.1 中間検査

材料試験(引張、カタサ、曲げ、衝撃)と化学組成分析は、車輪、車輪軸、ギヤカップリング、大歯車、大歯車軸、小歯車、などの部品材料について行われた。

機械加工後の精密寸法計測は、車輪、車輪軸、車輪軸受け、中間軸、減速車室、大歯車、大歯車軸、小歯車、小歯車軸などについて行われた。

歯切り精度については、大歯車、小歯車に対して単一ピッチ、隣接ピッチ、累積ピッチについての各誤差およびマタギ歯厚などが調べられ、JIS 1 級であることが確認された。

動的釣合い試験は、車輪、大歯車、小歯車について行われ、最終的にはいずれも JIS 1 級の釣合良さとなった。

車輪の焼入れ硬度は、Hs 50~53 であった。

駆動部の組立て精度については、工場内組立て時に、車輪の振れ、大歯車、小歯車の振れ、歯当り、バックラッシュなどについて調べられたが、バックラッシュは 0.17~0.23 mm であった。

駆動部の無負荷運転試験は、回転数は正逆方向についてステップ状に上げ下げしながら異常音の有無、潤滑油のまわり具合、軸受部の温度上昇、振動の有無、回転数と電流の関係等について調べられた。

曳引車の横主桁と常用計測桁については桁単体時に撓み計測が行われた。単体の横桁の中央部に 1.65 ton を搭載したときの中央部荷重撓みは 1.7 mm であった。同じく常用計測桁については 0.65, 0.50, 0.25 ton に対して 0.98, 0.71, 0.35 mm であった。

工場内に設けられた仮設レール上で、曳引車主要部の仮組みが行われ、主要な寸法と精度のチェック、駆

動部仮運転、制動装置の動作確認試験などが行われた。

以上いずれも成績良好であった。

5.12.2 完成検査

曳引車が完成した時点でならし調整運転を行っている時につきのような予期せぬトラブルが発生した。主として曳引車の発進時すなわち速度制御回路を投入したときに曳引車全体が激しい共振を起し、しかも制御回路を遮断しない限りは共振が持続してやまないといった現象が時折り現れた。共振を起す原因について種々の推論を行い、これらの推論のもとに各種計測を行ったが、原因究明の過程のすべてに触れることはここでは省略する。最終的には制御回路の電流応答周波数と中間軸の振り固有振動数が一致したときに共振が起ることが判明したので、応答周波数を支障ない限度に落とすと同時に、中間軸の振り剛性を十分に増加させることでこの問題を解決した。

完成検査は非常に多種類にわたって行われたが、ここでは、その中の主なもの、また、今後の参考となるものについて記述する。

以下の記述以外の試験についてもその成績はおおむね良好であった。

5.12.2.1 車輪の取付け精度

車輪各個について、鉛直線との平行性、レールとの平行性が調べられた。この調査時における曳引車の状態は、レールとガイドローラとのすきまがすべて0.15 mmに調整された状態である。この状態で個々の車輪は、レール幅より両側へ10.0 mm出張ることになる(車輪の踏面幅=レール幅+20 mm)が、実際には9.83 mm, 10.17 mm(後西部車輪)および9.21 mm, 10.79 mm(前東部車輪)であった。鉛直線との平行性は、0.01 mm/800 mmから0.06 mm/800 mmであり、レールとの平行性では0.00 mm/800 mmから0.02 mm/800 mmの範囲であった。

5.12.2.2 計測部支持レールの取付け精度

南北のレールの内面間隔は(5,870±0.5) mm, 両レール上面の水平度は±0.05 mmの精度であることを確認した。

5.12.2.3 計測レールの取付け精度

常用計測桁を標準位置(5.7.1参照)に取付けた状態で計測レールの取付け精度を調べた。東西の計測レールの平行度はレールの内面間隔で(1,470±0.13) mmであった。レール上面の水平度については、走行レールからの高さを基準として、東側レールは(336±0.87)

mm, 西側レールは同じく(336±0.87) mmであった。東西レールの高低差の最大傾斜は0.04 mm/1470 mmであった。

5.12.2.4 重量、重心測定

計測機器、冷房機、写真撮影台等は塔載せず、曳引車の常備と考えている状態で重量計測を行った。東西の計測床は所定の位置に、常用計測桁は標準位置にそれぞれ設置し、手摺りは全部はめ込み、ドレインタンクは空槽の状態とした。計測方法はロードセルによるもので、曳引車の4隅を各個に持ち上げて計測を行った。

前西部	5.7 ton	後西部	5.6 ton
前東部	6.0 ton	後東部	6.3 ton

合計 23.6 ton 最大荷重差 0.6 ton であった。

この結果重心位置は、曳引車中心点より後方へ31.5 mm, 東側へ168 mmとなり、殆んど曳引車中心と考えられる。

5.12.2.5 撓み計測

1) 常用計測桁

桁1本当り中央集中荷重0.65 tonに対して中央の荷重撓みは0.8 mmであった(目標値は1.0 mm以内)。

2) 横桁の垂直撓み

曳引車の中央部に1.3 ton塔載したときの横桁中央部における荷重撓みは0.22 mmであった(目標値は0.5 mm以内)。

3) 横桁の水平撓み

この測定は制動時の荷重を想定して行ったものであり、横桁の中央に水平の静荷重をかけ、荷重点の撓みを計測した。荷重1, 1.5, 5.06 tonに対して撓みはそれぞれ0.08, 0.12, 0.41 mmであった。

4) 浅水実験用架台内の計測桁

桁1本当り中央集中荷重0.65 tonに対して中央の荷重撓みは1.4 mmであった(目標値は3.0 mm以内)。

5.12.2.6 スリップ試験

レール面をアルコールで拭いた直後のdry conditionと、レール面を水でぬらしたwet conditionの2つのレール状態においてスリップ試験を行った。結果を表-5.5に示す。表に見られるように、通常のレールの状態では加減速度を0.08 g位までとつてもスリップの起らないことが推察される。

5.12.2.7 加速力、電気制動力試験

通常のレール状態において、曳引車単独時の加速力、電気制動力の試験を行った。結果を図-5.14に示す。加減速度設定値を100%にしたとき加速度は所定

表-5.5 スリップ試験結果

レールの状態	走行速度	加減速設定		加減速度測定値		スリップの有無	
		加速	減速	加速度	減速度	前西車輪	後東車輪
dry	南進 4 m/s	100%	100%	0.076 g	0.102 g	なし	なし
	" 6 m/s	"	"	0.068 g	0.095 g	"	"
	" "	"	"	0.076 g	0.102 g	"	"
wet	" 1 m/s	20%	6.5%	0.026 g	0.023 g	"	"
	" 1.5 m/s	"	"	0.026 g	0.023 g	"	"

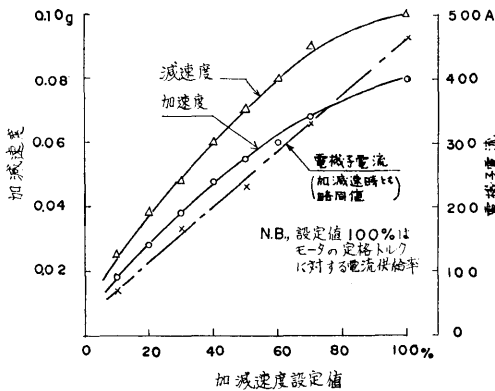


図-5.14 加速力，電気制動力試験の結果

の 0.08 g となっているが，減速度は約 0.1 g となった。その理由としては走行抵抗とか風圧抵抗などのためである。

5.12.2.8 バネ制動力試験

曳引車単独ではレールの dry condition において，2, 4, 6 m/s, wet condition において 4 m/s の速度で制動力試験を行った。制動レバーの作動から曳引車が停止するまでの時間，距離を計るとともに，加速度計による計測をも合わせ行った。送風台車(送風機搭載)を連結した場合の制動力試験はレールの dry condition において 1, 3, 5 m/s, wet condition において 3, 5 m/s の速度で行った。制動力が動いている間は必ずしも等減速力ではないので，時間，距離から等減速度と仮定して求めた値と，加速度計の記録から平均線を引いて求めた値の両者の平均値をとって 図-5.15 に示す。平常のレールの状態は，試験時の dry condition に近い状態であると想定しても，3rd, 4th のノッチにおける制動力は計画値より不足気味である。送風台車を連結した場合の制動力は曳引車単独時の 70% と推定していたが，3rd, 4th ノッチでは 55~60% となった。したがって，この試験後 3rd, 4th ノッチは対応する

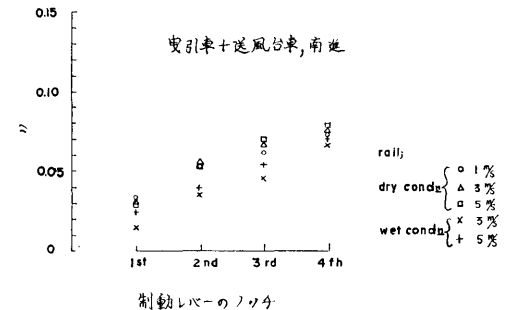
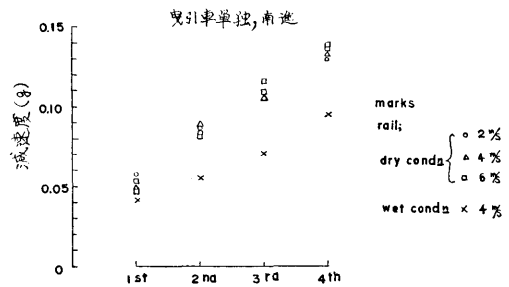


図-5.15 バネ制動力試験の結果

制動装置において，制動力調整ボルトを加減して制動力の増加を計った。さらに，制動シューが十分なじんできたと考えられる現時点では制動力試験時より制動力はかなり増加しているものと考えてよいであろう。減速度の記録例を 図-5.16 に示す。全般的には良好な減速度特性を示している。はじめの立上りの遅れはノッチ操作の遅れ，衝撃緩和回路による遅れ，シューの作動不揃い等によるためである。

5.12.2.9 非常制動力試験

曳引車単独では，0.5~3.0 m/s までの間で 6 種の速度，送風台車を連結した時は 0.5~2.5 m/s までの間で 7 種の速度で試験を行った。計測は，突入から停止に到るまでの時間と距離を計ること，曳引車に設置した

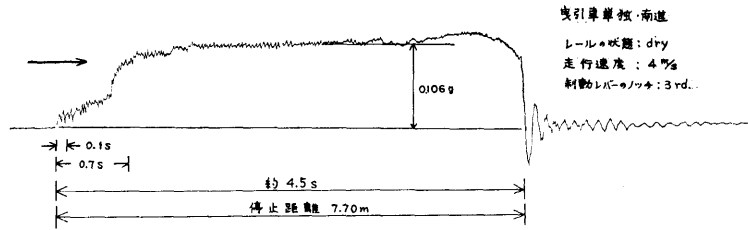


図-5.16 バネ制動の減速度の記録例

加速度計による減速度特性の記録, 非常制動装置の油圧シリンダの end plate に作用する油圧の記録などを行った。減速度特性の記録の1例を図-5.17に、ピストンストローク中の平均減速度を図-5.18に示す。

曳引車単独時においては、作動開始時のピーク値が大きな値を示している。しかし、このピークの持続時間は極めて短いので人間には殆んど感じない。油圧は際立ったピークを示していないので、このピークの発生はピストンヘッドに取付けられた緩衝ゴムによるものと思われる。速度 2 m/s からストローク一杯の停止

距離となった。3 m/s までの実験データをもとにして、6 m/s までの特性を電算機を使って求めたところ、大体計画通りの値となることがわかった。

送風台車連結時は、停止直前のピーク値が急上昇していることが目立つ。このピークの値の発生する原因としては、オリフィスの分布や、油の粘性度などに関係していると思われるが、実験値をもとにした計算結果では 3 m/s 以上になれば、ピーク値の曲線の傾斜がやや鈍ってくる傾向となった。停止距離は 1.5 m/s からストローク一杯となっている。

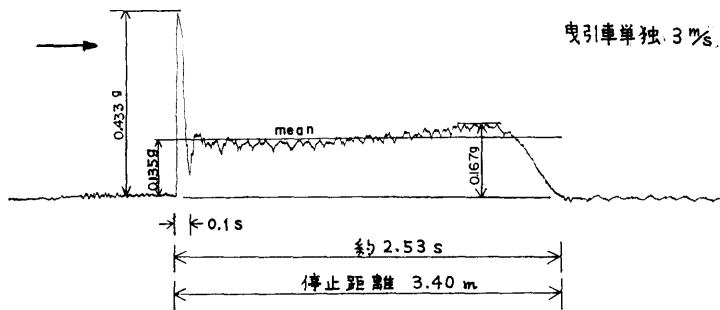


図-5.17 非常制動の減速度の記録例

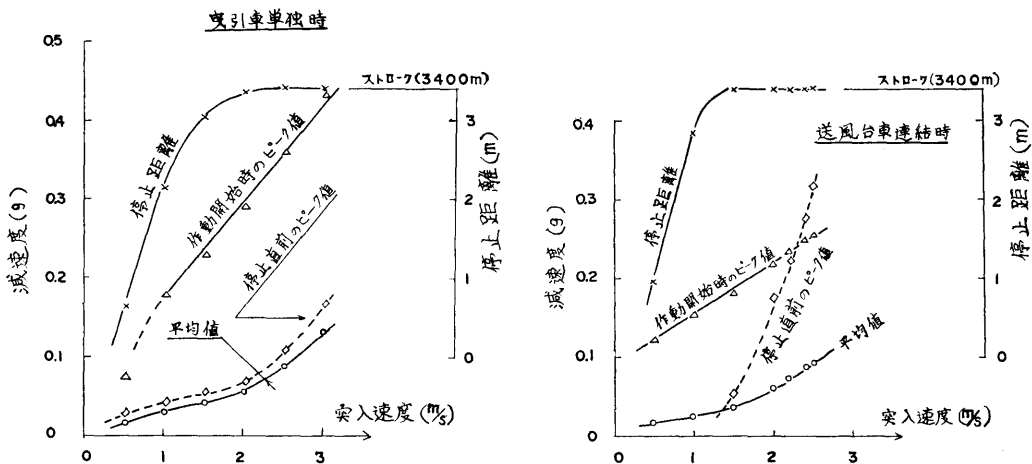


図-5.18 非常制動のピストンストローク中の平均減速度

5.12.2.10 強制振動試験

曳引車主桁の組立て完了時に、横主桁の中央位置、常用計測桁の中央位置に振動機を設置して桁の固有振動数を求める目的で強制振動試験を行った。振動機は動輪の重錘を重くしたり、取付け位置を変えることによって加振力を増したり、振動方向を変えたりすることのできるものである。試験結果としては、1次の固有振動数について記すと、横主桁の上下方向と水平方向がそれぞれ約 15.1 Hz, 約 16.1 Hz, 常用計測桁の上下方向と水平方向がそれぞれ約 13.75 Hz, 約 13.5 Hz であった。

5.12.2.11 走行振動試験

振動計測結果を図-5.19 に示す。図中の車輪軸受け

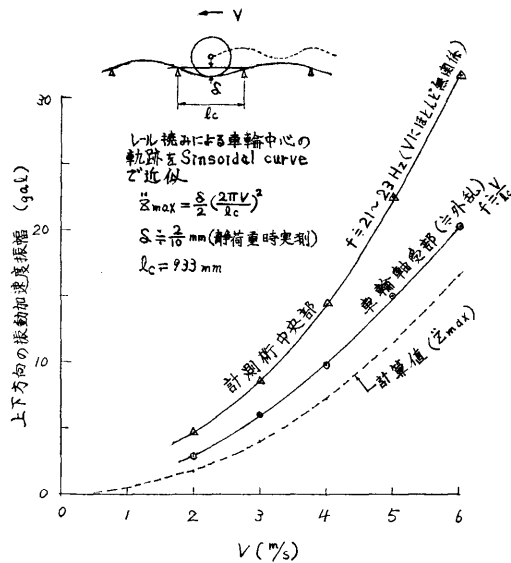


図-5.19 レール撓みによる走行振動試験結果

部で計測したものは大体レール撓みによる振動外力を示していると思われるが、これは近似計算値の約 1.4 倍である。記録波形には高い振動成分も含まれているが、基本的な外乱振動数は $f = V/l_c$ (Hz) である。常用計測桁の中央部においては、車輪軸受け部のものの約 1.5 倍でありその振動数は走行速度に殆んど関係なく 21~23 Hz 程度であって外乱振動数よりもかなり高い。この事実は文献 4) にも示されている。

なお、本試験では、常用計測桁には荷重を一切塔載していないので、たとえば抵抗動力計などの重量物を塔載したときは、振動加速度はやや大きくなり、個有振動数は多少減少するものと思われる。

5.12.2.12 走行風圧によって起される波の計測

(328)

ボックスガード式の曳引車は走行中の横桁により空気をせきとめるためにトラス式曳引車よりも水面におよぼす影響が大きいと考えられたので、走行中の曳引車により誘起される波の計測を行った。水槽の長手中央において、幅の中心位置に容量型波高計 (分解能 ±0.3 mm) を設置し、実験の種類としては水位を 3 種類に変え、曳引車に計測床をつけた場合と完全に取除いた場合、曳引車の前後に長さ約 6 m の整流板を取付けた状態について波の計測を行った。結果を図-5.20

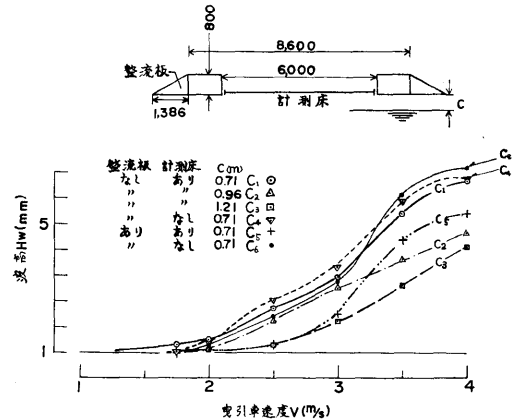


図-5.20 曳引車の走行によって起された波

に示すが、図中の波高は波高記録中の最大値である。基準水位における低速の場合は、整流板の水面におよぼす効果はかなり大きい。計測床の水面におよぼす影響はむしろ好ましい効果となっている。曳引車の通常の状態は床つき、整流板なしの状態であるから、この状態でたとえば 2.5 m/s で波型解析のための波形計測を行えば波長約 3 m, 波高 1.7 mm, 周期約 1.6 sec の波が混入することになる。整流板を取付ければ、前記の仮想実験状態で波高は 0.3 m/m 程度 (波高計の分解能と同程度) になる。曳引車は通常の状態にして置き、水位を下げていくと、2.5 m/s で波高を 0.3 m/m 程度にするためには基準水位から 50 cm も下げなければならないことがわかった。図-5.20 を全体的にみると、低速の場合は整流板を取付けることと水位を下げるのが同程度の効果があり、高速の場合は整流板の効果はあまり著しくなく水位を下げた方が良くわかる。以上の事柄を考えると、ボックスガードの曳引車を使用して波高計測を行う時には、かなりの注意が必要である。

5.12.2.13 騒音の計測

実験環境の向上を計るため、設計段階から騒音防止

には極力留意した。環境騒音の計測は、曳引車のほぼ中央においたマイクロホンを水平面で一回転させ、そのときの最高値と最低値を記録した。結果を図-5.21に示す。停止時の騒音はサイリスタ冷却用ファン、パネ制動解除用油圧ポンプなどから発生しており、走行時はこれらの外に（ただし、南進中は油圧ポンプは停止している）、サイリスタ作動音、集電子の摺動音、駆動部からの機械音などが加わっている。

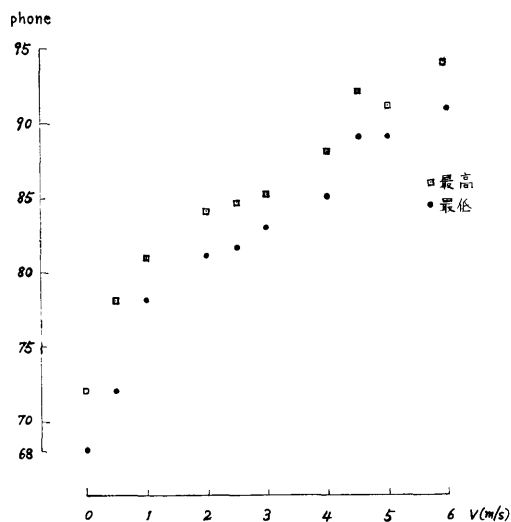


図-5.21 騒音計測結果

5.12.2.14 その他の試験

浅水実験用計測桁については、撓み計測、着脱性確認、取付けた状態での走行、制動などの各試験が行われた。また常用計測桁、計測補助桁、計測床などの着脱性確認、冷房機の作動確認試験なども行われた。

6. 送風台車

6.1 主桁と主要寸法等

主構造は、曳引車と同じくプレートによるボックスガーダとし、台車を構成する主桁についても曳引車と同じく前横桁、後横桁、東縦桁、西縦桁の4本である。主構造の強度はつぎの事柄を目標とした。

台車の中央に送風機（5 ton）を設置したとき横桁の中央部における荷重撓みが5 mm以内となること、さらに上記の状態では曳引車に連結し、曳引車側で0.23 g × 0.7 の制動力をかけたとき、横桁の中央部における水平撓みが10 mmを超えないこと、曳引車と連結して5 m/s で南進し、非常制動装置に突入したときの0.7 g に十分耐えること。

台車上の一般配置としては、4本の主桁で囲まれた区域は送風機の設置場所とし、台車に付随した電気機器は西縦桁上に、水面掃除機は前横桁の前面にそれぞれ設置することにした。

台車の主要寸法は、台車を水槽南端に収納したときの周辺条件と、塔載すべき送風機を基準として考えた。南端収納時の周辺条件とは台車を造波装置の直前に収納したとき台車の後面が非常制動装置のピストンストロークの最小位置と一致するか、それより少し引込んだ位置になるようにすれば、非常制動装置は、送風台車と関連なく曳引車に対して有効に作用させ得る。この観点から台車の長さを5 mにおさえた。台車が、水槽両側壁上に設けられている非常制動装置の間（8,370 mm）を進入して造波装置の直前に引込み得るように台車と非常制動装置とのクリアランスを65 mm

表-6.1 送風台車の主要目等

構造部	
長さ（横主桁の外側間隔）	5.000 m
幅（縦主桁の外側間隔）	8.240 m
桁高さ	0.600 m
縦主桁の幅	0.600 m
横主桁の幅	0.700 m
基準水面から主桁下面までの高さ	0.700 m
駆動部	
ホイールベース	4,300 mm
一輪駆動（自走用）	
構成：モータ（200 V, 3 φ, 2.2 kW VS モータ, 速度制御範囲 120~1200 r.p.m.）, 電磁ブレーキ（パネ圧平板式ブレーキ）, 減速機（減速比 1/17, サイクロ減速機）, トルクリミッター（定格トルク定量 9.0~42.9 kg・m, ゼットトルク 28 kg・m）, 手動クラッチ, 車輪（直径 400 mmφ, 踏面幅 80 mm, S45C）	
送風機	
構成：37 kW・VS モータ, 貫流ファン, 主ダクト（ディフューザ, コントラクションノズル, 整流ノズルよりなる）, 偏向ダクト	
送風機の外形寸法	
長さ×幅×高さ	6.305 m × 4.006 m × 3.985 m
送風機の重量	5 ton
吹出口面積	1.000 m ² ~3.000 m ²
吹出風速	1.1~10 m/s (max. 10.7 m/s)
風速精度	吹出口面積の 85% で ±5%
ファンの回転数	136~506 r.p.m. (max. 545 r.p.m.)
送風台車速度	
単体自走時	0.1~1.0 m/s
曳引車と連結時	0.100~5.000 m/s
送風台車全体重量	
送風機完全塔載時	10.7 ton

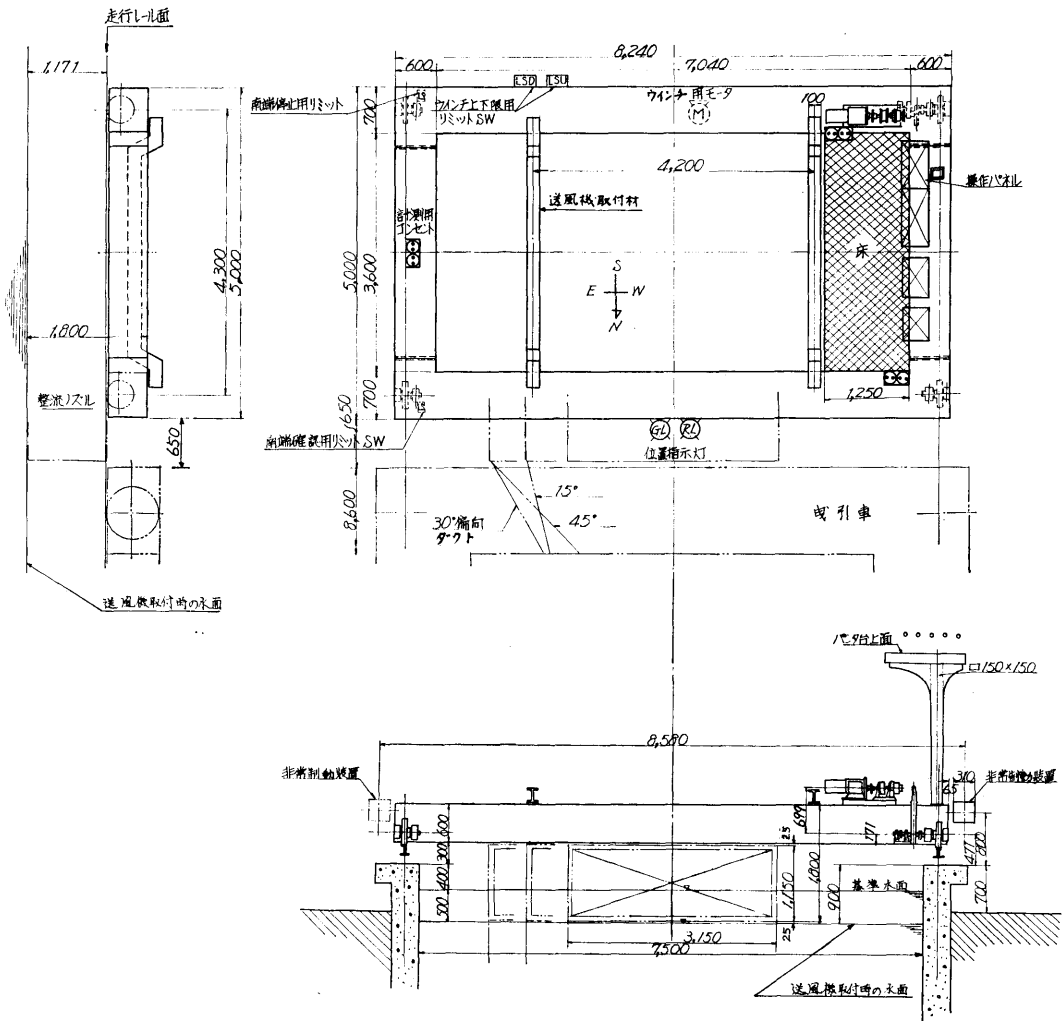


図-6.1 送風台車の一般配置図

として台車幅を 8,240 mm とした。一方、送風機の大きさおよび設置方法 (6.6 参照) を考慮した結果、送風機の設置場所 (前述のとおり 4 本の主桁で囲まれた区域) の長さは 3,600 mm 必要となり、したがって、前後横桁の桁幅は 700 mm となった。横桁の水平強度については、この桁幅によるものの不足分を板厚で補うこととした。送風機の設置場所の幅は台車幅から東西縦桁の桁幅 (600 mm) を差し引いた 7,040 mm とした。横桁の桁高さは垂直強度の観点から 600 mm とし基準水面から主桁下面までの高さは曳引車における同様に 700 mm とした。

このようにして決定された送風台車の主要目等、一般配置および完成写真をそれぞれ表-6.1、図-6.1、写

真-6.1 に示す。

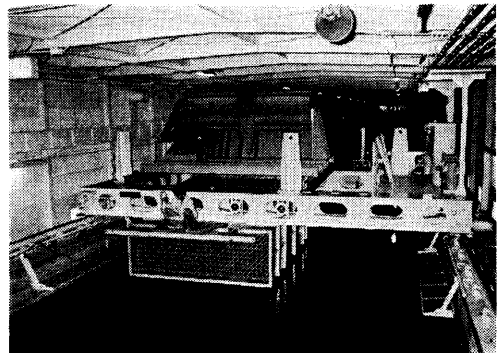


写真-6.1 送風台車の全景

6.2 走行性能

送風台車は、曳引車に連結され曳引車の動力によって走行する場合と、送風台車単独で自走する場合がある。

連結時運転を行うときの速度は、原則として下記の速度範囲とした。

南進	0.1~5 m/s
北進	0.1~3 m/s

自走時の速度範囲とその速度安定度はつぎのとおり。

南北進とも (0.1~1.0) m/s ±25%; full scale の ±10%

6.3 重量, 加減速度

重量は、台車 5 ton 送風機 5 ton, 計 10 ton を目標としたが完成時重量は台車が 5.7 ton であった。連結時運転のときの加減速力の発生は曳引車側であるが、そのときの加減速能力は曳引車単独時の約 7 割

$$\left(= \frac{\text{曳引車重量}}{\text{曳引車重量} + \text{送風台車重量}} \right) \\ = \frac{23.6 \text{ ton}}{23.6 \text{ ton} + 10.7 \text{ ton}}$$

となる。連結時 5 m/s のときの非常制動力は **5.6.3** ですでに述べたとおりである。

以上は連結時のときであるが、単独自走時は加減速度とも 0.015 g とした。

6.4 脚部, 自走用駆動部等

台車支持脚部は、4 隅 1 基ずつ計 4 基である。ホイールベースは可能限度に大きくとった結果 4,300 mm となった。車輪荷重は、送風機の設置のしかた (6.6 参照) によって各車輪に対する配分がかなり異なるが、荷重の最大値を推定すると 4 ton 弱となる。このことから車輪直径を 400 mmφ とした。駆動力の接続されていない 3 基の脚部は、車輪, 車軸, 調整機構つき軸受から構成されている。

自走用駆動部の組込まれた脚部は前西隅のものであり、駆動部の主な構成要素はつぎのとおり。

変速機つき交流モータ, 電磁制動装置 (以後電磁ブレーキと呼ぶ), 減速機, トルクリミッター, チェーンドライブ機構 (スプロケット, チェーン), 手動クラッチ機構など。これらの駆動部構成を 図-6.2 に示す。構成要素のうち, モータ, 電磁ブレーキ, 減速機, トルクリミッターの主な仕様は 表-6.1 中に示されている。

駆動部の操作等についての主な内容を挙げればつぎのとおりである。

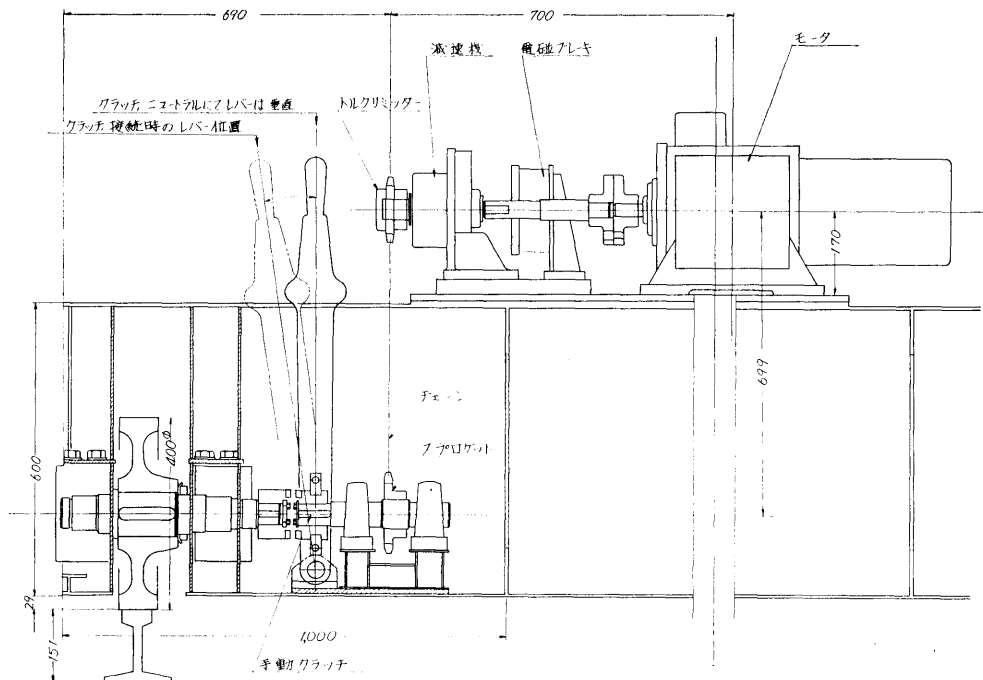


図-6.2 自走用駆動部

① 速度設定は速度設定器（ポテンショメータ）によって行い、発進および停止は南進、北進の起動あるいは停止のボタンをおせばよい。また、変速は走行中でも自由に行うことができる。

② 何らかの原因によって発生するかもしれない過大負荷に対する防護策としてはトルクリミッターが設けられた。

③ 手動クラッチを使用しているため、送風台車を連結桿（6.9.1 参照）によって曳引車に連結したときは必ずクラッチを切離さなければならない。

④ 電磁ブレーキは、モータ側からみてクラッチに到るまでの動力軸に取付けられているので、連結時には無効となるが、台車単独では通電時は常に有効となり、停電時には自動的に制動がかかる。電磁ブレーキは、パネ力によって圧着される制動板によって動力軸に直接制動力が作用するものであり、解除保持は電磁力によって行われている。作動あるいは解除は簡単なボタン操作によって行うことができる。

⑤ 水槽南端には自走時の自動停止用のリミットスイッチが設けられており、これによって駆動回路の遮断と電磁ブレーキの作動を行わせている。この自動停止機能は安全確保と、無人で水面掃除を行わせるため

である。

6.5 送風機

送風機の仕様は主として風浪中の船舶性能に関する試験、A.C.V. に関する試験を可能とする要求から決定された。送風機の製作に関する作業は、機関開発部によってその一切が行われた。

送風機の主な構成とその主要目等は図-6.1と表-6.1に示されているとおりである。これらのうち、モータ、貫流ファンを除くディフューザ、コントラクションノズル、整流ノズル、偏向ダクトは軽量にするためにすべてアルミ板によって製作された。

モータから整流ノズルまでは送風台車によって支持されるが、偏向ダクトは曳引車によって支持されるので、この間は、フレキシブルジョイント（ネオプレン・スポンジパッキング）によって結合される。また、送風機を使用しないときは格納するが、この格納時のために貫流ファンと整流ノズルは切離すことができる。

6.6 送風機の設置状態

送風機の設置状態に関してはつぎの5通りが考えられている。

- ① 標準状態
- ② 15° 偏向状態

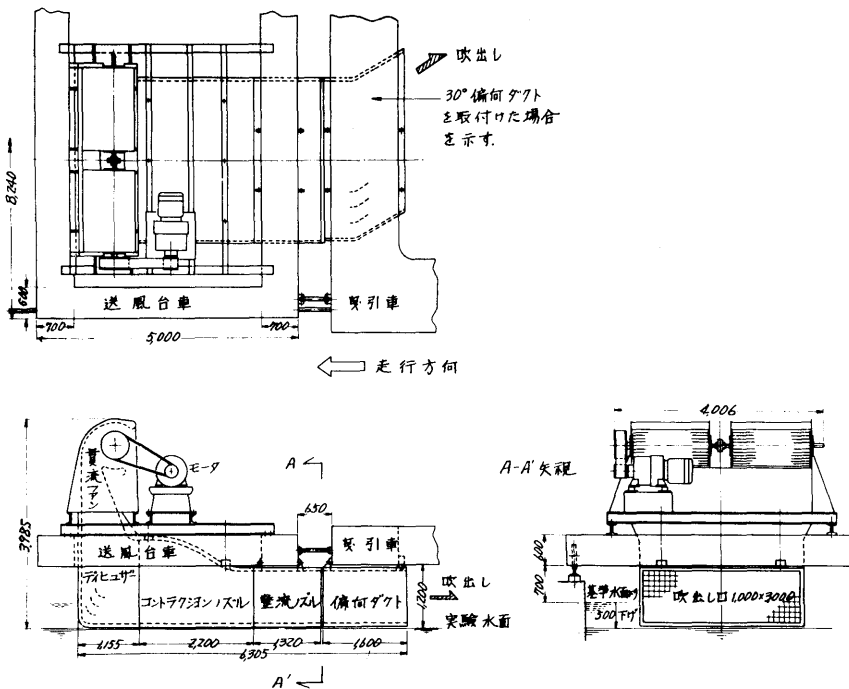


図-6.3 30° 偏向吹出の状態

- ③ 30° 偏向状態
- ④ 45° "
- ⑤ 格納状態

①から④まではいうまでもなく実験を行うための設置状態であり、曳引車側に取付けられた伏試模型に真前から送風したり（標準位置）、15°～45° 前方から送風したりする場合である。送風機を、使用して実験する場合は、水面を基準水面から少なくとも 0.500 m 下げなければならないし、また、曳引車と連結して走行することをたてまえとしている。①の標準状態は、送風機を台車中央に設置し、整流ノズルから直接吹き出す（偏向ダクトをつけず）。②の状態では、送風機を台車内で東側へ 555 mm 移設し、かつ、整流ノズルの先に 15° 偏向用ダクトを取付ける。③と④との状態では、送風機を標準状態から 1,150 mm 東側へ移設した位置で、30° 用ないし 45° 用の偏向ダクトを整流ノズルの先に取付ける。30° 偏向用ダクトを取付けた場合を一例として 図-6.3 に示す。⑤の格納状態は、送風機を使用しない時の状態である。使用しない時には送風機全体を台車から完全に撤去して陸上に収納すれば一番よいわけであるが、比較的せまい実験準備場をさらに約 6.3 m × 4 m の面積だけ殺してしまうことになる。したがって、このようなことをできるだけ避けるために送風機の大きな部分は台車上に残すことにした。水位を戻すためには偏向ダクト、整流ノズルを取りはずした上に、さらに送風機を吊り上げる必要があり、この吊り上げ高さについては、基準水面における平常の各種実験の都合から送風機最下面が基準水面上 700 mm となる位置すなわち台車主桁下面と一致する位置まで吊り上げることにした。しかし、中水槽の天井は比較的低いので、吊り上げに際して貫流ファンを分離

しておかねばならない。さらに曳引車上と造波機操作室との間の見通しを確保するために送風機を台車上で最大限度東側へ寄せ、結局この位置（標準状態より 1,510 mm 東側へ移設）で専用の支持台上に載せ、格納することにした。

なお、整流ノズル、偏向ダクトの吊り下げ金具は、送風台車の後横桁、曳引車の前横桁の各種位置（偏向位置ごとに）にそれぞれ取付けられている。また、これらのノズル、ダクトの着脱用に特殊なフック（C型フック）が製作された。

6.7 電源等

送風台車にも集電塔を 1 基たて、集電塔上のパンタグラフから受電し、受配電盤、トランス、配電盤を通じて台車上の電気機器に給電した。集電塔、受配電盤（400 V の受配電盤、200 V、100 V の配電盤は 1 つの盤にまとめられた）トランス等はすべて西縦桁上にまとめて配置された。送風台車の電気系路図を 図-6.4 に示す。

6.7.1 A.C. 400 V 電源

送風機用モータは A.C. 400 V 3 φ 50 Hz 37 kW の VS モータであり、400 V を起動器を通じて直接モータに給電している。ただし、送風機が各種の設置状態をとるので、この回路は固定配線ではない。

6.7.2 A.C. 200 V 電源

A.C. 200 V 電源は 400 V/200 V 10 kVA のトランスによって作られ、送風機用モータの制御装置、自走用モータ、水面掃除用ウインチ、清掃用ポンプに使用される。

6.7.3 A.C. 100 V 電源

A.C. 100 V 電源は 400 V/100 V 3 kVA のトランスによって作られ、照明灯、計測用コンセント、各種

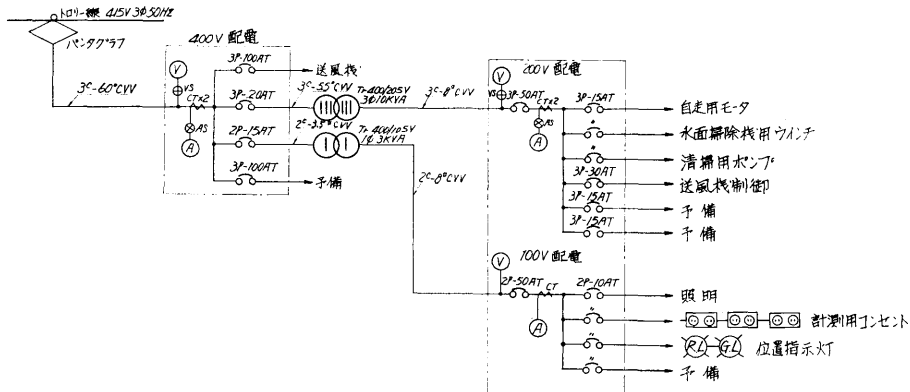


図-6.4 送風台車の電気系路図

リミットスイッチ、位置指示灯に給電されている。計測用コンセントは台車上の3ヶ所に2ヶずつ計6ヶが配置された。

6.8 水面掃除機

送風台車の自走によって水面掃除を行うこととし、水槽幅と同じ長さの掃除板を台車の最前面に取付けた。掃除板のあげおろしは、台車前面に設けられた昇降ガイドに沿って電動ウインチで行われる。この水面掃除機は基準水面のときを対象としており、掃除板の下端が水面下30cmに達したときウインチは自動停止する。引揚げ時も同様に掃除板の下端が水面上70cmに達したときウインチは自動停止する。掃除板は、金属パイプの平面トラスからなる骨組に、パンチングメタルのプレートが張られたものである。さらに、このプレートに耐水ベニヤ板を張って使用している。

水面掃除はこの形式の場合、0.2~0.3m/s位の速度で行うと効果がよい。しかし、この速度では水槽南端に到るまで約12~8分位要するので、6.4の⑤で述べたように南端に自動停止用のリミットスイッチが設けられ、これによって無人で水面掃除もできるようにした。掃除板が水槽南端の造波装置直前に達し、水面掃除用集塵樋(図-9.1参照)を水面まで降ろし、水面掃除用排水ポンプを起動させれば浮遊物を含んだ汚水は屋外に排出される。

水面掃除機の概略を 図-6.5 に示した。

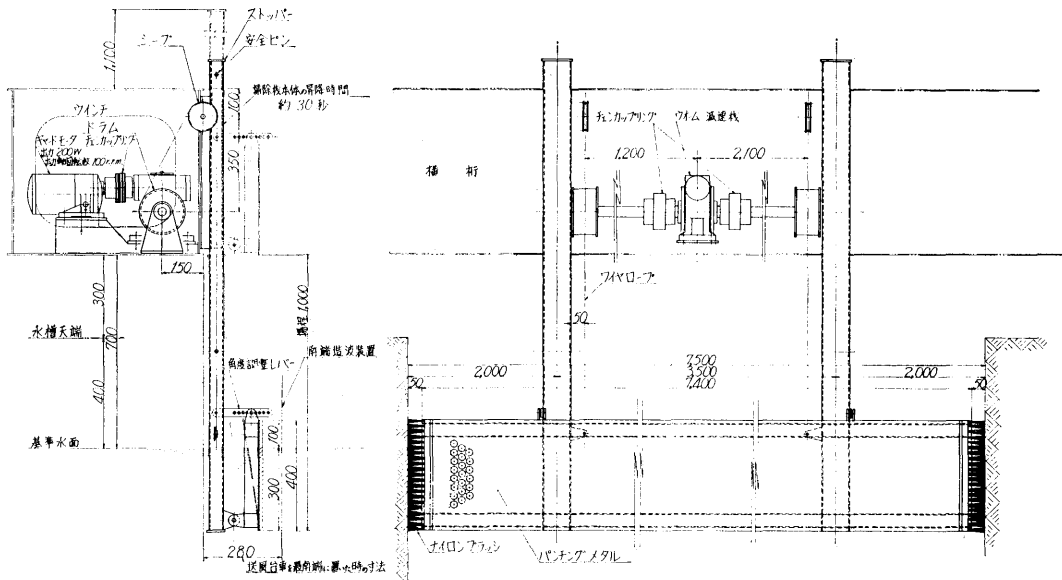


図-6.5 水面掃除機

6.9 関連設備、繕装品等

送風台車の基本的な機能に関する設備として集電塔、ストッパー受け(南端に設けられた送風台車用のストッパーに対するもの)、バッファ(曳引車との緩衝用として台車北側に取付けられている)、ガイドローラ、脱線防止具、連結桿、整流ノズルの吊り金具、送風機格納時の支持台などがあり、保安に関するものとしては、曳引車の場合と同様にトロリー線の下面に防護ネットが張られ、また、台車の位置を示す指示灯が設けられた。その他、昇降用ステップ、床、手摺り、レール掃除機、清掃用ポンプ、C型フックなどが設備された。

6.9.1 連結桿

後横桁の後面の両端に曳引車と連結するための堅牢な連結桿が設けられている。連結する場合は、バッファの頭部(緩衝用ゴムヘッド)を取り除いた後、連結桿をたて曳引車に結合する。連結された状態で曳引車と送風台車との間隔は(650±1.0)mmとなる。

6.9.2 位置指示灯

送風台車の後横桁の軽目孔内に緑、赤の2灯が取付けられている。この指示灯は台車の位置を曳引車上から確認するためのものであり、台車が非常制動のピストンストロークより引込んだ位置に収納されていれば絶色灯が、それ以外の位置にあれば赤色灯が点灯す

る。したがって、曳引車を南進させる場合は必ずこの送風台車の位置指示灯と、非常制動の作動準備指示灯(5.6.3参照)がともに緑色に点灯していることを確認してから運転しなければならない。

6.9.3 清掃用ポンプ

消波板、水槽壁などに注水して清掃を行うためのポンプを送風台車の東西端部に1基ずつ設置した。ポンプの揚水側は水槽の底近くからも揚水ができる能力をもち、揚水パイプも十分な長さをもっている。また、吐出側には、ノズルが取り付けられており、かなり強い射水能力をもっている。中水槽でたとえばポリマー中での実験を行った場合はこの清掃用ポンプで洗滌を行うことになろう。

6.10 塗 装

台車の塗装は曳引車における塗装(5.11参照)と殆んど同じであるため、記述を省略する。

6.11 試験成績

中間検査としては次のような項目が行われた。車輪に対しては、材料試験、化学組成分析、寸法計測、振れ計測、釣合試験などが行われた。車輪軸に対しては、車輪の検査項目から振れ計測と釣合試験を除く項目について試験計測が行われた。さらに、主桁については工場内仮組立時に寸法検査が、駆動部については工場内確認運転が行われた。検査結果はいずれも成績良好であった。

完成検査は次のような項目について行われた。すなわち、車輪取付け精度の計測、重量計測、撓み計測、自走試験、自走時制動試験、連結走行試験、連結時制動

試験、水面掃除試験、送風機試験などが行われた。これらのうち重量計測、撓み計測、自走試験・自走時制動試験について以下簡単に触れる。以下の記述以外の試験についても、その成績はおおむね良好であった。

6.11.1 重量計測

送風機は各位置に移動させたり、格納位置に設置したりするのでいわば移動荷重とも考えられる。したがって、台車としての付属装備はすべて含み、送風機のみは搭載しない固定重量状態において、曳引車における同じ方法で重量計測が行われた。計測結果は次のとおりであった。

前西部	1.9 ton	後西部	1.3 ton
前東部	1.3 ton	後東部	1.2 ton

したがって、合計 5.7 ton であった。この結果重心位置は、台車中心より前方へ 264 mm、西側へ 425 mm の位置となった。ただし、送風機格納時の支持台は所定の位置に設置されていた。

6.11.2 撓み計測

撓み計測は次のような状態で行われた。すなわち、送風機は搭載せずに、前後横桁には、中心から東西へ 2,100 mm の位置に各 1,250 kg 合計 5 ton の荷重を搭載したときのそれぞれの桁中央における撓み(桁等の自重撓みは除く)が計測された。前横桁と後横桁における撓み計測結果はそれぞれ 1.95 mm、1.85 mm であった。

6.11.3 自走試験、自走時制動試験

試験結果を表-6.2に示す。表に示すとおり成績は良好であった。

表-6.2 自走試験・自走時制動試験結果

	自 走 試 験			自 走 時 制 動 試 験			
	設定速度 (m/s)	計測速度 (m/s)	電流値 (A)	制動距離 (m)	制動時間 (sec.)	平均減速度 (g)	加速度計記録による平均減速度 (g)
南 進	0.2	0.190	4.5	0.2	1.7	0.014	0.015
	0.4	0.395	4.5	0.6	2.9	0.015	0.015
	0.6	0.585	4.5	1.4	3.9	0.019	0.016
	0.8	0.790	4.75	2.0	5.9	0.012	0.014
	1.0	1.005	4.75	3.6	7.0	0.015	0.015
北 進	0.2	0.190	4.6	0.25	1.8	0.016	0.015
	0.4	0.395	4.75	0.6	3.1	0.013	0.014
	0.6	0.585	4.8	1.8	4.3	0.020	0.017
	0.8	0.790	4.75	2.2	6.1	0.012	0.014
	1.0	0.985	4.75	3.7	7.1	0.015	0.015

7. 動力装置および曳引車速度制御装置

7.1 受変電設備

本試験水槽で使用する電力は、400 m 水槽棟東北部動力室内の 2000 kVA 受電設備内に本試験水槽用のき

電盤を設置して 3.3 kV で分岐し、本試験水槽棟北西の屋外キュービクル形受変電設備との間を地下ケーブルで接続して供給される。キュービクルには、コンデンサトリップ式主回路しゃ断器、曳引車および造波器駆動用 3 相 415 V 400 kVA トランス、クレーンおよ

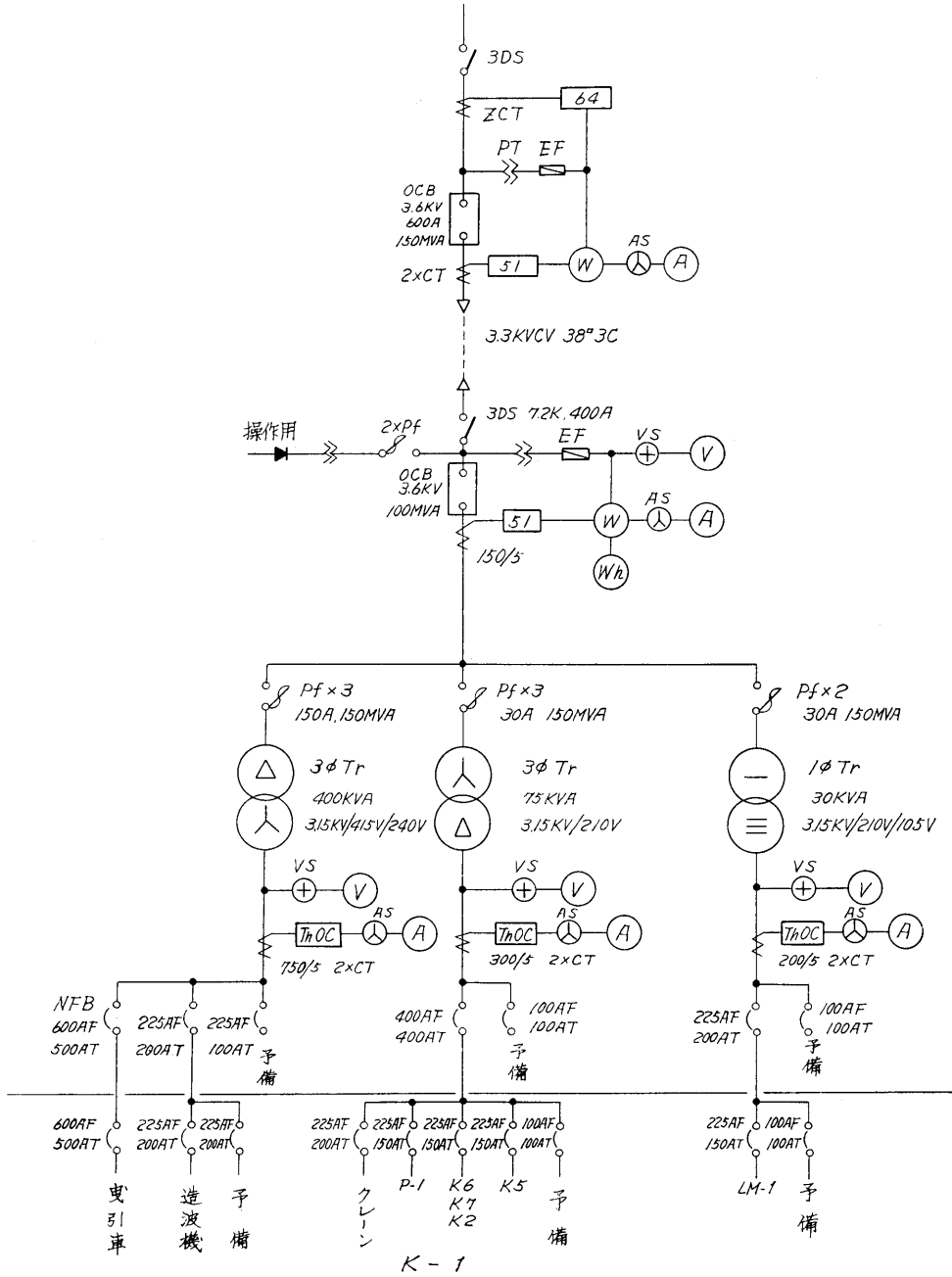


図-7.1 電源系統単線図

び暖房機等用 3 相 220 V 75 kVA トランスならびに一般照明用単相 3 線式 105 V×2, 30 kVA トランス等を設置し、トランスの一次側の保護はパワーフェーズ、二次側は NFB および過電流警報式とした。以上の電源系路を単線図で 図-7.1 に示す。

7.2 曳引車走行用動力

曳引車には 110 mm² の剛体トロリー線 3 本を使用して交流 3 相 415 V を供給し、曳引車の前後部の集電塔のパンタグラフをそれぞれ並列に接続して集電した。曳引車上にはブレーキ用油圧ポンプ駆動用、空調機用等の 3 相 220 V 50 kVA トランスおよび照明、計測器等用単相 100 V 15 kVA トランスが設置されており、それぞれの用途に電力を供給するほか、3 相 415 V:440 V×2, 100 kVA の絶縁トランスを介して曳引車駆動モータ用サイリスタ装置に電力を供給する。この回路に絶縁トランス (写真-7.1) を使用した理由は、

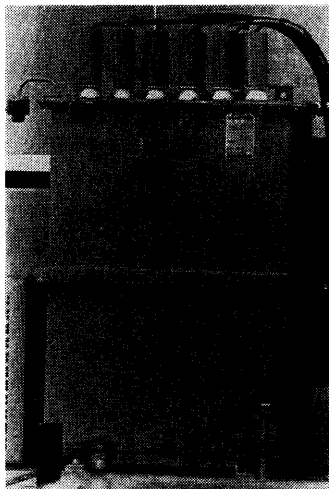


写真-7.1 絶縁トランス

サイリスタ装置が電源幹線に与える騒乱をできるだけこの絶縁トランスで吸収して、他のサイリスタ装置 (例えば造波機) や、電子機器などへの影響を軽減するためである。

駆動モータの定格は、 $P_{\max} = V_{\max} \cdot W_c' \cdot \mu \cdot g$ (文献 (1) の 6-5 式) を用い、 $W_c' = 22.000 \text{ kg}$ 、 $V_{\max} = 6.000 \text{ m/sec}$ 、 $\mu = 0.09$ として算出した。以下に駆動モータの定格を示す。

台数	4台
型式	保護形直流他励分巻式

冷却方式	自己通風
定格出力	30 kW
定格回転数	958 rpm
定格時間	30 秒
電機子電圧	110 V
絶縁	B種

このモータの駆動用サイリスタは逆並列十字結線としてワードレオナード方式と同様に容易に駆動モータの電力回生制動を可能とし、合せてプロペラ単独試験時等に起る可能性がある無負荷あるいは逆負荷時の速度制御も可能となるようにした。また、モータの界磁に並列抵抗を接続し、モータ界磁電流を ±10% 程度変更できるようにして、曳引車の各車輪の分担する曳引車荷重の不同による加速トルクの不同を補正するようにした。しかし、完成後の加速試験においては、すべてのモータ界磁電流を +10% 増加した最高加速度でも車輪のスリップは認められなかったため、各モータの界磁電流を +10% 増加し、それぞれの加速トルクが最大となるように設定した。

7.3 速度制御装置

速度制御装置の仕様は 400 m 水槽の実績を考慮して次のように定めた。

	低速	高速
速度設定範囲	0.100~2.999 m/sec	3.000~5.999 m/sec
” ステップ	1 mm/sec	1 mm/sec
” 精度	±0.5 mm/sec	±0.5 mm/sec
速度安定度	0.5 mm/sec r.m.s	1 mm/sec r.m.s
制御系共振周波数	5 Hz 以上	5 Hz 以上
残留加速度	10 ⁻⁵ g 以下	5×10 ⁻⁵ g 以下
速度整定時間	1 sec 以下	1 sec 以下
オーバーシュート	0	1 cm/sec

また、運転操作の簡易化を図り、新製品を積極的に利用した。

7.3.1 共通部門

駆動モータの電機子電源および界磁電源は、それぞれ明電舎製 THYL-70-UNI サイリスタ電源装置 (写真-7.2) を使用し、移相回路や直流演算増幅器等もすべて同型の標準品を使用した。また、駆動モータ電機子回路直列リアクトルは乾式のものを使用し、曳引車の横桁内に収納した。曳引車の運転操作は、すべて曳引車西縦桁にある曳引車運転操作盤 (写真-7.5) で行うようにした。

曳引車停止時に北進または南進ボタンを押すと、単極電磁接触器が作動して駆動モータ電機子回路を閉路

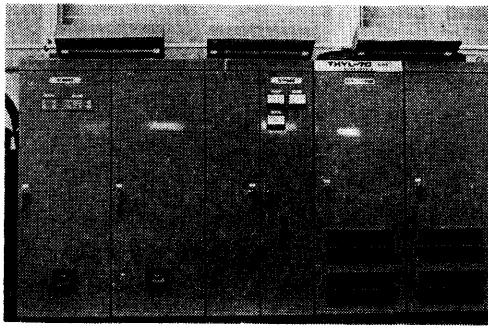


写真-7.2 サイリスタ電源装置

し、加減速設定器で定まる一定の加速電流を流すように制御するので、曳引車は加速走行を始める。そして曳引車が設定速度に到達するとデジタルまたはアナログ速度制御装置がサイリスタ電源装置に接続され、曳引車は設定速度で走行する。つぎに停止ボタンを押すと速度制御装置はサイリスタ電源装置より切り離され、サイリスタ電源装置は、駆動モータ電機子回路に、値が加速の時と等しく方向が逆の電流が流れるように制御するので、曳引車はほぼ一定減速度で減速する。そして、曳引車速度がある一定値 (5 cm/sec) 以下になったときにデジタルまたはアナログ速度制御装置は指令をだして駆動モータ電機子回路の単極電磁接触器を復帰させ、回路をしゃ断するので、曳引車は停止する。加速および減速度の設定器は南進用と北進用とに分けて運転操作盤におき、駆動モータ電機子電圧計および電流計と曳引車アナログ速度計は曳引車運転操

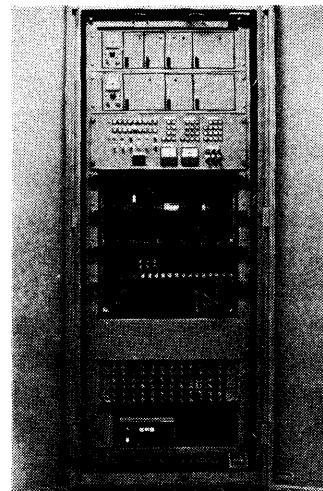
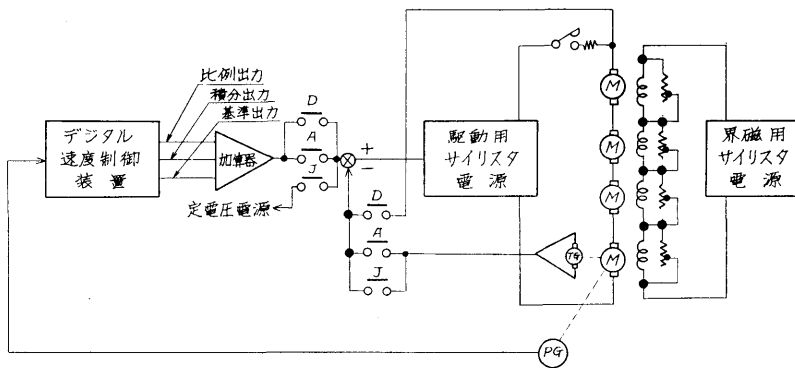


写真-7.3 デジタル速度制御装置

作盤とは別の東桁の制御盤面に置いた。

駆動モータの界磁電流は、曳引車の走行時のみ定格値を保つようにし、停止時には定格時の 1/4 程度に下げて駆動モータの過熱を軽減すると同時に防湿用のスペースヒータも兼ねさせた。なお、夜間等の曳引車休止中は防湿の見地から駆動モータ界磁を別電源で弱励磁し、各制御盤はスペースヒータとファンによって内部の過冷を防止し、結露が起らないようにしている。

上記共通部門およびアナログ速度制御装置を図-7.2 に示す。



- | | |
|-------------|-------------|
| D: デジタル速度制御 | M: 曳引車駆動モータ |
| A: アナログ速度制御 | PG: パルス発生機 |
| J: 寸動 | TG: 回転計発電機 |

図-7.2 共通部門およびアナログ速度制御装置

7.3.2 デジタル速度制御装置

デジタル速度制御装置(写真-7.3)は400m水槽の曳引車と同じ速度パルスカウンタ偏差出力方式である。この方式は高周波のパルス入力を要するが、精度および応答性にすぐれている。すなわち、直径 95.5 ± 0.005 mm の速度検出車輪(写真-7.4)をスプリングでレール面に圧着し、3000パルス/回転のインクリメンタルパルスエンコーダと一体軸で結合し、この出力パルス(速度パルス)を検出部で4通倍し、2.5MHzのクロックパルスと同期をとって演算回路の十進減算カウンタに導いた。一方、減算カウンタにはサンプリング周期の始めに mm/sec で表した設定速度の値をセットし、前述の速度パルスで減算し、1/40秒後のサンプリング周期の終りの減算カウンタの内容をD-A変換して比例出力とし、また、以前の値との累積をD-A変換して積分出力とした。使用素子は主としてTTL IC

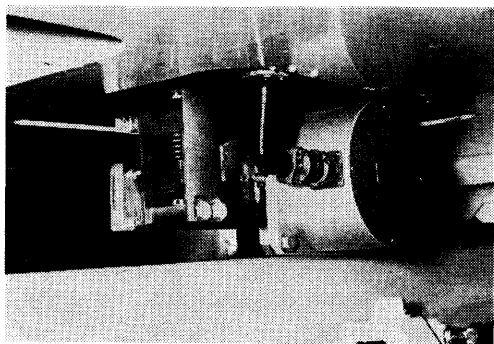


写真-7.4 速度検出車輪およびインクリメンタルパルスエンコーダ

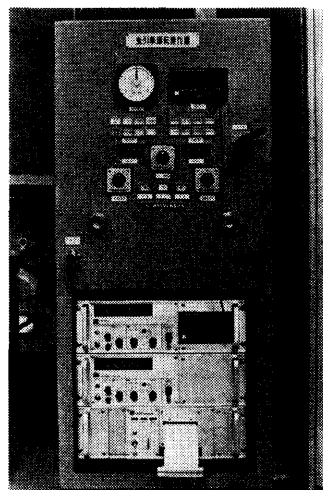


写真-7.5 曳引車運転操作盤

を使用し、また、極性の切換えにはFETアナログスイッチを使用した。運転操作盤に設けた2組の南進用および北進用の4桁のデジスイッチからの設定信号は、リレーで走行方向を判別して減算カウンタのプリセット信号と、上位3桁をD-A変換して基準電圧出力とした。デジスイッチは0~5.999 mm/secのあいだで設定可能である。ただし0~99 mm/secの範囲は制御の分解能が悪くなり、また、このような速度で試験を行うこともないので、0~99 mm/secの間に設定してもデジタル故障とみなして走行できないようにした。また、北端の非常制動装置は南端と比べて簡単にしたために、北進のときは原則として3 m/sec以上に設定した場合はデジタル故障とした。ただし、デジタル制

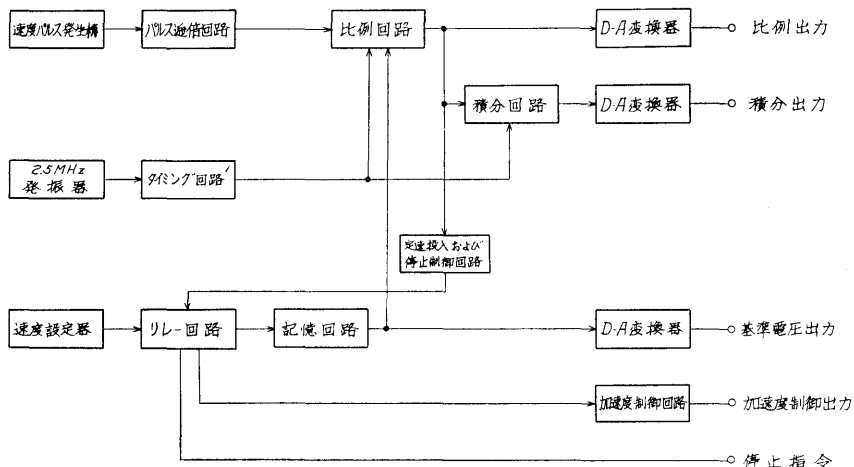


図-7.3 デジタル速度制御演算装置ブロック線図

御盤面（常時は閉鎖）の解錠スイッチを操作すれば 5.999 m/sec まで走行可能となり、運転操作盤の解錠表示灯（橙灯）が点灯する。デジタル速度制御装置のブロック線図を 図-7.3 に示す。

7.3.3 デジタル速度制御装置のチェック

デジタル速度制御装置の動作のチェックは曳引車の停止時に行える。このときの速度設定は自動的に 4 m/sec となり、速度パルスのかわりにクロックパルスから通降された 163,600~156,400 Hz のパルス (4.090~3.910 m/sec 相当, 1 cm/sec ステップで可変可能) が入力され、比例出力と積分出力を、演算レジスタの内容を示すランプとアナログのメータでチェックすることができる。また、デジタル制御盤面のスイッチの操作によりクロックパルスの周期を 1/100 にしたり演算動作を一時停止させたりして機器単体の動作のチェックも容易に行うことができる。なお、チェック中はデジタル故障状態となり、曳引車は走行できない。

7.3.4 定速投入制御および停止制御

デジタル速度制御のとき曳引車設定速度が 3 m/sec 以下のときは、曳引車の速度が設定速度より 215 mm/sec 下に到達したときに駆動モータトルク設定値を自動的に 1/5 とし、設定速度より 15 mm/sec 下に到達したときに上積み電圧（加速の時に基準電圧に上積みされる電圧、文献(1)参照）を消去し、比例出力を共通部門のサイリスタ電源装置に投入する。さらに 0.2 秒後に積分出力の初期値を零として同様に投入し、曳引車運転操作盤の定速灯を点灯する。もし、15 mm/sec 下に到達しないときは定速ボタン（定速灯と共用）を押すと強制的にデジタル速度制御を投入する。3 m/sec 以上では、上記のうち駆動モータトルクの設定切替が省略されて多少の速度のオーバーシュートがあっても設定速度に到達する時間が短くなるようにした。

停止ボタンを押し、曳引車が停止する際には、曳引車の速度が 5 cm/sec 以下になったときにデジタル速度制御装置から接点信号を出して駆動モータ電機子回路の単極電磁接触器を復帰させ、曳引車を停止させる。

アナログ速度制御のときは自動制御回路は設定速度に近づいたときに自然に投入されるが、速度整定時間はデジタル制御のときよりも多少長くなる。停止指令は回転計発電機（後述）の出力電圧が一定値以下になったことを検出して接点信号を出す。

7.3.5 速度変更

デジタル速度制御のときは、曳引車の走行中は曳引

車設定速度の記憶装置を固定し、速度設定器を変更しても無効とした。しかし、走行中に速度変更ボタンを押すと、定速灯が消灯し速度変更灯が点灯して、曳引車設定速度は変更された速度設定器の値に変更され、定速になったときにランプはもとの状態に戻る。この操作は、上積み電圧の極性が一定なためと定速制御投入点が設定速度から 15 mm/sec 低い点に固定してあるため速度を上昇させるときにのみ有効である。

7.3.6 アナログ速度制御

アナログ速度制御装置はデジタル速度制御装置の予備装置で、曳引車運転操作盤面で容易にいずれかの選択ができる。速度の設定は、デジタル速度制御装置の基準電圧出力と曳引車運転操作盤面にあるアナログ速度微調用ポテンシヨメータ (± 0.1 m/sec) の電圧出力とを加算し、速度の検出には駆動モータ軸に直結した直流精密回転計発電機を使用した。補償回路は演算増幅器による直列 PID 補償とした。

7.3.7 寸動走行

寸動走行は設定値が一定のアナログ速度制御で、南進または北進のボタンを押しているあいだは曳引車は 0.2 m/sec の速度で所定の方向へ走行し、ボタンを離すと回生制動により停止する。加減速度はそれぞれの加減速度設定器に依存する。

7.4 曳引車運転操作盤

曳引車運転操作盤（写真-7.5）には、曳引車の運転および水槽試験の実行に必要なものを重点的に配置した。また、照光式ボタンスイッチの採用によりスペースの節約を計った。以下に盤面にあるものを列記す

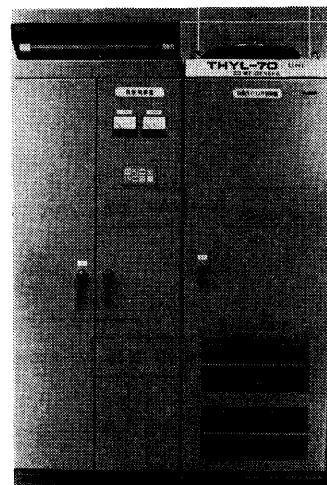


写真-7.6 自航サイリスタ制御盤

る。

(1) 速度偏差表示計

デジタル速度制御装置の比例出力(±10 cm/sec)を表示する広角度指示計である。

(2) 速度カウンタ

曳引車速度を表示するカウンタで、サンプル周期を切り替えることにより 0.1 mm/sec 単位(サンプル周期が1秒のとき)または 1 mm/sec 単位(サンプル周期が0.1秒のとき)で表示する。

(3) 押ボタンおよびランプ

以下に記述するものは、i項を除いてすべて照光式ボタンスイッチであって、*印のものには透明アクリルのふたをつけ、不用意に押さないようにした。

- a. 制御電源入(白灯)
- b. 制御電源切(赤灯)
- c. デジタル制御*, アナログ制御*, 寸動*, (白灯)制御種別指定。
- d. 直接, 遠方(二段白灯)

曳引車の操作場所が曳引車運転操作盤面かあるいは可動の遠方操作盤(南進, 停止, 北進押ボタンのみ)であるかを指定し, 一回押すごとに切替わる。停止の押ボタンは操作場所の如何にかかわらず双方の盤のボタンが常に有効である。

e. 自動制動(橙灯)

曳引車が自動制動(5.6参照)で停止したときに点灯する。また, 自動制動が作動する区域を停止せずに通過するときはこのボタンを押して通過する。

f. ベル停止(白灯)

曳引車制御装置に故障が検出されていないときにはこのボタンを押すと点灯してベルが鳴り, 再び押すと消灯してベルも鳴り止む。故障が検出されるとベルが鳴るが, このボタンを押すとベルは鳴り止んで点灯する。

故障の原因を除いてリセットボタンを押すとベルは再び鳴り出すが, 再度このボタンを押すとベルが鳴り止んで消灯する。

- g. 定速* 7.3.4 参照
- h. 速度変更 7.3.5 参照
- i. 解錠 7.3.2 参照(ランプのみ)
- j. 故障

故障を検出すると赤灯が点灯してベルが鳴

り, 故障の原因を制御盤の集合故障表示器に表示する。故障の原因を除いてからこのボタンを押すとリセットされ, ベルが鳴り止んで消灯する。

- k. 造波 9.3 参照
- l. 消波 8.3 参照
- m. 南進および北進速度設定器 7.3.2 参照
- n. 南進および北進加減速設定器 7.3.1 参照
- o. アナログ速度微調 7.3.6 参照
- p. 南進, 停止, 北進ボタン 7.3.1 参照
- q. 油圧ブレーキ 5.6.2 参照

7.5 緊急停止およびインタロック

曳引車の走行中または停止中に運転装置の異状を検出すると曳引車運転操作盤の故障ランプが点灯してベルが鳴り, 故障の原因を集合故障表示器に表示し曳引車が走行中であれば原則として停止する。そして原因を除去してから故障リセットボタンを押すと走行指令が可能となる。これにはつぎに示す2通りの場合がある。

7.5.1 第一緊急停止装置

以下の場合に曳引車は回生制動で停止するか, 走行ボタンを押しても走行しない。

- (1) サイリスタ冷却用ファンが故障したとき。
- (2) サイルスタの温度が上昇したとき。
- (3) デジタル故障が検出されたとき。
 - a. デジタル制御装置がチェック状態(7.3.3参照)のとき。
 - b. デジタル制御装置の電源が異状のとき。
 - c. インクレメンタルパルスエンコーダのランプが断線したとき。
 - d. 速度設定が 99 mm 以下のとき。
- (4) 強制制動の油圧が低下したとき。

曳引車が走行中に制動用油圧がある程度低下して油圧をモータにより補給する必要が生じたときはベルが鳴って故障を示す赤灯が点灯するが曳引車は停止しない。そして実験走行が終って, 曳引車が停止するとベルが止まり油圧用モータは回転を始めて油圧の補給を開始し, 油圧が一定値に上るまで曳引車は走行できない。

7.5.2 第二緊急停止装置

以上の場合に曳引車はバネ制動で停止する。

- (1) 曳引車駆動モータ界磁異状
- (2) 曳引車駆動モータ過電流
- (3) 曳引車駆動モータ過速度

- (4) 主サイリスタ過電流
- (5) 界磁サイリスタ過電流
- (6) 逆相、欠相、これは受電設備の曳引車および造波機駆動用トランスの一次側のパワーフェーズが単相溶断したときに生ずる。
- (7) バネ制動作動時
- (8) 南進非常制動区域進入時。北進することにより解除される。
- (9) 北進非常制動区域進入時（バネ制動と電気制動併用）
以上のほか、停電時および制御電源をしゃ断した場合も同様な状態となる。

7.5.3 インタロック

通常強制制動用油圧ポンプは曳引車走行時には停止する。

7.6 付属機装品

7.6.1 デジタル計測記録装置

曳引車速度計は、デジタル制御装置の速度制御用パルスを4通倍する以前のパルス(0.1mm/パルス)を利用し、曳引車運転操作盤面のカウンタおよびその下方のデジタル計測記録装置内のカウンタとプリンタで表示と記録を行う。また、同装置には、他に5桁のユニバーサルカウンタが2チャンネル分設置してあるので、自航モータの回転速度等の計測、記録が可能である。

7.6.2 自航制御盤

フルスケールに対し0.2%程度の精度で回転数の制御が必要な直流モータに曳引車上で電力を供給するサイリスタ装置(写真-7.6)で、曳引車駆動用と同じTHYL-70-UNIである。接続可能なモータは、400m水槽用1.5kWと3kWの自航用モータ、単独試験用3.7kWと5kWのモータおよび1kWの自航試験用モータである。自航制御盤には各モータ専用のコードとプラグが付属しており、所要のモータ付属のレセプ



写真-7.7 トロリーおよびパンタグラフ

タクルに専用のプラグを接続してから電源スイッチを投入し、自航モータ操作盤の回転方向指令ボタンスイッチを押し、速度設定を操作する。なお、速度設定には粗と密の2ケの設定器があり、密の設定範囲はモータの回転速度範囲の5分の1である。また、自航制御盤面には以下のランプ表示がある。

- (1) 電源(白灯)。
- (2) 界磁励磁(白灯) 自航制御盤にモータが接続され、そのモータの界磁が励磁されたことを示す。
- (3) 過電流(赤灯) 各モータに定格以上の過電流が流れ、安全のために過電流継電器が作動したことを示す。盤内の各モータ専用の過電流継電器をリセットすれば消灯する。
- (4) サイリスタフェーズ断(赤灯)
- (5) 電流110%(橙灯) 各モータの定格で定められている電流が110%以上になると点灯し、30秒以上経過するとモータを停止させる。一度電源スイッチを切ることによりリセットされる。この表示は主としてモータの短時間定格を利用するためのもので、過電流継電器の動作とは互に独立である。
- (6) 回転零(赤灯) モータの回転速度が零かごく低いときに点灯する。この表示が点灯していないときに回転方向指令ボタンを操作しても無効である。また、自航モータ操作盤には電機子電流計および回転速度計、自航制御盤には入力交流電流計と出力直流電圧計が取付けられている。

7.6.3 送風台車の電気機装品

送風台車には送風機駆動のVSモータ用に3相415Vを110mm²トロリー線より受電し、また、送風機駆動モータ制御用、自走用等の3相220V10kVAトランスと照明用等に単相100V3kVAトランスが搭載されている。

送風機の回転速度制御盤は、メーカ標準品を使用した。また、2.2kWのVSモータを自走用に使用したが、これの制御のための制御盤やタイムスタート盤などもメーカ標準品を使用した。

7.7 トロリー線

トロリー線はA.C.415V送電用として住友電工製110mm²3本と造波機および消波機の制御用にそれぞれ50mm²を1本ずつ計5本を使用した。曳引車の組立てや修理のときを考慮して実験準備棟内の13m間は6mおよび7mのユニット式としたが、これ以外の145mには一本物を使用した。トロリー架台には

110 mm², 50 mm² とともに AL 型を使用し、取付けボルト長 150 mm² の支持がいしを介して水槽棟鉄はりに 3 m 間隔に溶接したトロリー線受台に取付けた。支持がいしを取付けボルト（標準品は 100 mm）を長くした理由は近來 400 m 水槽で問題になっている地盤の不等沈下がこの水槽にも表れる可能性があるのもそれに対処するためである。パンタグラフは最初標準品を使用したか、騒音が高いので種々実験の結果シュー長さを 140 mm（標準は 80 mm）にし、良い結果が得ら

れた。また、曳引車のパンタグラフの下には金網を張って不用意な接触を避け、トロリーの実験準備場に張出した部分にも防護用金網を張ってクレーン等による接触を防止した。写真-7.7 にトロリー線およびパンタグラフの一部を示す。

7.8 走行試験結果

デジタル速度制御走行時の速度計測結果を表-7.1 に示す。また、デジタル速度制御比例出力のパワースペクトルの一例を図-7.4 に示す。

表-7.1 デジタル速度制御走行時の速度計測結果

設定速度 (m/s)	0.100	0.300	0.500	1.000	2.000	4.000	5.999
0.1000	0.3001	0.5001	1.0001	2.0002	4.0006	5.9997	
0.1002	0.3001	0.5001	1.0001	2.0001	4.0005	5.9995	
0.1001	0.2998	0.5000	1.0000	2.0002	4.0005	5.9995	
0.1002	0.3001	0.5001	1.0001	2.0002	4.0002	5.9994	
0.1002	0.3000	0.5002	1.0002	2.0001	4.0001	5.9995	
0.1000	0.2999	0.4999	0.9999	2.0002	4.0001	5.9996	
0.1001	0.3000	0.5001	1.0003	2.0002	4.0005	5.9997	
0.1001	0.3004	0.5000	1.0000	2.0001	4.0007	5.9997	
0.1002	0.3000	0.5001	1.0001	2.0004	4.0004		
0.1000	0.2999	0.5000	1.0001	2.0001	4.0003		
0.1001	0.2999	0.5000	1.0001	2.0003	4.0003		
0.1002	0.3002	0.5001	1.0000	2.0002	4.0004		
0.1004	0.3002	0.5000	0.9999	2.0001	4.0005		
0.1002	0.3001	0.5000	1.0002	2.0002	4.0005		
0.1004	0.2999	0.5004	1.0000	2.0002	4.0003		
0.1000	0.3004	0.4999	1.0003	2.0001	4.0004		
0.1000	0.3000	0.5001	1.0001	2.0002	4.0002		
0.1003	0.3002	0.5002	1.0001	2.0003	4.0003		
0.1001	0.3001	0.5001	1.0001	2.0002	4.0006		
0.1002	0.3002	0.4999	1.0001	2.0002			
0.1001	0.2998	0.4999	1.0002	2.0001			
0.1003	0.3000	0.5001	1.0001	2.0004			
0.1001	0.3002	0.5001	1.0001	2.0001			
0.1000	0.3002	0.4999	1.0001	2.0000			
0.1000	0.3001	0.5001	1.0002	2.0003			
0.1002	0.3002	0.5000	1.0001	2.0002			
0.1001	0.2999	0.5000	1.0000	2.0002			
0.1001	0.3004	0.5000	1.0003	2.0000			
0.1001	0.3000	0.5002	1.0000	2.0001			

サンプリング周期
= 2 sec.

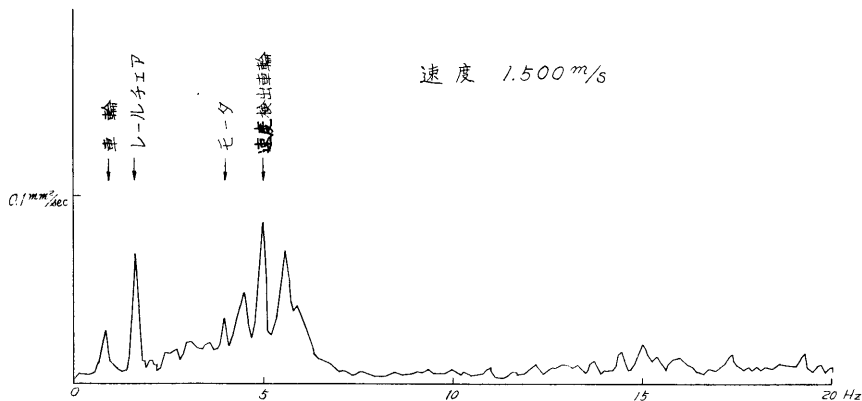


図-7.4 速度変動のパワースペクトル

8. 消波装置

中型試験水槽の消波装置の計画は、ほぼ400m水槽のものに準じている。特に側面消波装置については、400m水槽がわが国では本格的な可動側面消波装置を装備した最初的水槽であったため、機構、動作、保守等について若干の問題があったけれども、総合的には一応満足なものであったので、2, 3の再検討を加えてこの方式を踏襲した。したがって、消波装置設計の考え方等に関しては文献1) によっていただきたい。

8.1 北端部消波装置

トリミングタンク側の水槽北端部には、亜鉛メッキ鋼材による3層ビーチ式の消波装置が設けられた。その概略を図-8.1 および写真-8.1 に示す。ビーチの長さは、下層2段が6.5m(先端は、水槽北端壁から6.7m) 上層は5mで、幅はほぼ水槽全幅に渡っている。この規模の水槽で3層の消波装置を設けた例は少ないと思われるが、本水槽では、浅水時に波浪中の試験を行うことを1つの目的としており、任意の水深で良好な消波効果が保てるように考えてある。トリミングタンク前の消波板は、浮沈式の2層ビーチになって

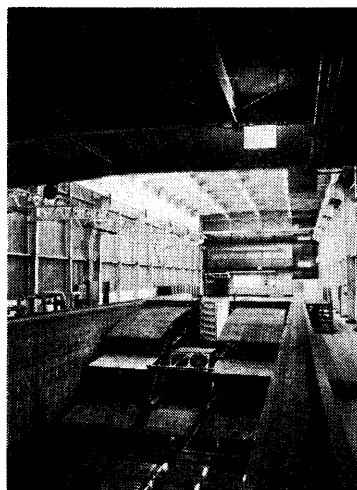


写真-8.1 北端部消波装置(可動部分は下っている)

いる。浮力タンクを用いて概略のバランスを保ち、ワイヤ・ウインチで駆動して浮沈させる。最上層のみ亜鉛メッキの角パイプを横にならべ、粗面の消波効果を利用するとともに消波板上での作業の安全にも役立さ

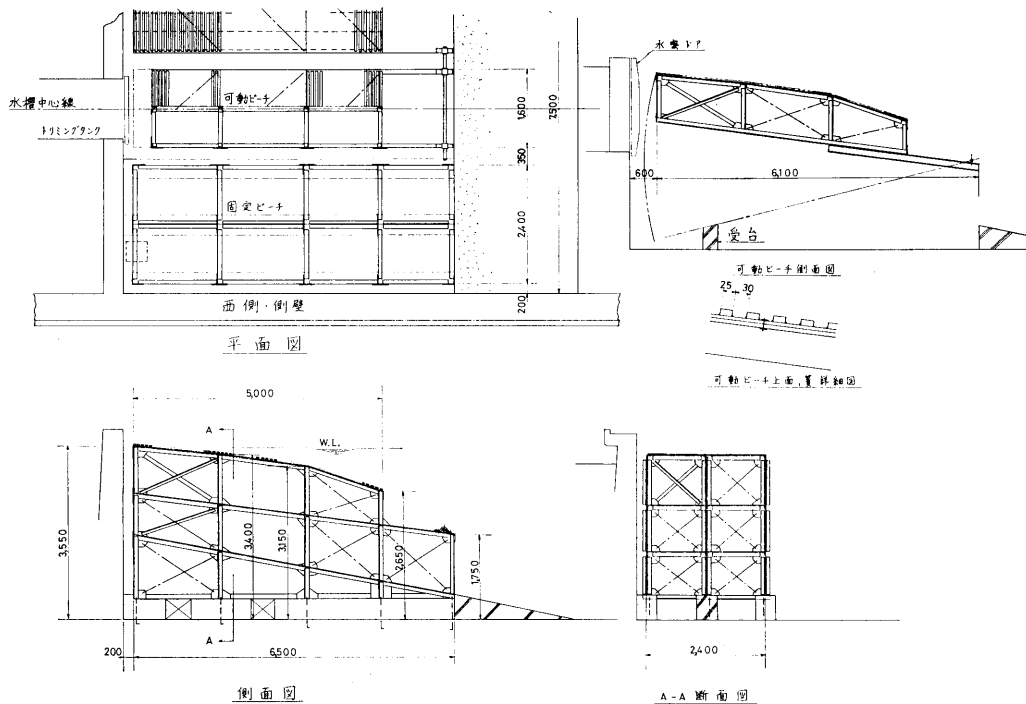


図-8.1 北端部消波装置

せている。

ビーチの傾斜角はほぼ 400 m 水槽と同じで上層が約 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 、中層が約 7° 、下層が約 10° となっており、基準水面での常用の規則波の場合には約 4% 以下の反射率となるように計画し所期の目的を達している。なお今回は、各ビーチには鋼板を張り、400 m 水槽の場合のように、下側からの吹上げ流れ (up-lift) を消波効果に利用することは、強度等の問題から行わなかった。

8.2 南端部消波装置

本水槽は、造波機にプランジャ型を使用しているため、水槽南端部に消波板を取付けることはできない。このために 図-9.1 に示すように、プランジャの直前に、造波装置の構造材を利用して昇降可能な吊り下げビーチ板 ($7.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ 、傾斜角可変) を設けた。

8.3 側面消波装置

東西両側壁約 112 m の間に、図-4.1 および 図-8.2 に示すような可動式のビーチ型消波装置を設けた。本装置の主要な部分は、駆動装置を除いて 400 m 水槽のものと同型式である。消波板は 1 ブロックの長さが 3.732 m、幅 0.5 m のもの東西各 30 枚で、その傾斜角は $1/8$ (約 7°) である。構造は、形鋼材の骨組の上にすのこ状に塩化ビニール角材を張ったもので、この塩ビにレモン・イエローのやや鮮かな色を用いることによって安全を兼ね、水槽外観のアクセントともした。昇降の高さは約 500 mm である。

駆動部は、400 m 水槽の場合には油圧方式にしたが、運転頻度の少ない本装置では保守が難しいのと音が

きいため、今回は電動方式とした。また 400 m 水槽の場合では、消波装置の設計以前に建屋が着工していたため、基礎に大きな力が期待できなかったため、水槽中央に駆動装置を設け消波板引上げの力を相殺するように考えたが、今回は南端に造波装置と基礎を共有し、十分な力が掛けられるので、駆動装置を水槽南端部の東西各 1 箇所に設けた。操作は、水槽通路、曳引車上および造波機操作室から行うことができる。

9. 造波装置

9.1 計 画

船舶試験水槽用の造波装置は、深海波用であるのが一般であるが、本水槽では、任意の水深での造波が可能であることが設計条件の 1 つとなっており、深海波用としての造波特性を満足することを第一に、かつまた浅水時の造波性能を一応保証できることを設計の前提条件とした。

造波範囲は、水槽寸法および 400 m 試験水槽との関係などを考慮して、比較的短波長かつ低粗度の波に重点を置き、波周波数 $0.2\sim 3\text{ Hz}$ 、波長・波高比 $\lambda/H_0 = 20\sim 50$ 程度とした。また、使用頻度と保守上の簡易さを勘案して、駆動機としては直流電動機を用いることとし、これらの条件を満足するものとして、水槽有効長さの点でも有利なプランジャ型の採用に踏切った。

プランジャ断面形状は、Porter⁵⁾ の断面を参考とし、これに浅水時の造波特性を考慮して底部附近の形状に修正を加え、プランジャ断面としてはやや扁平な断面

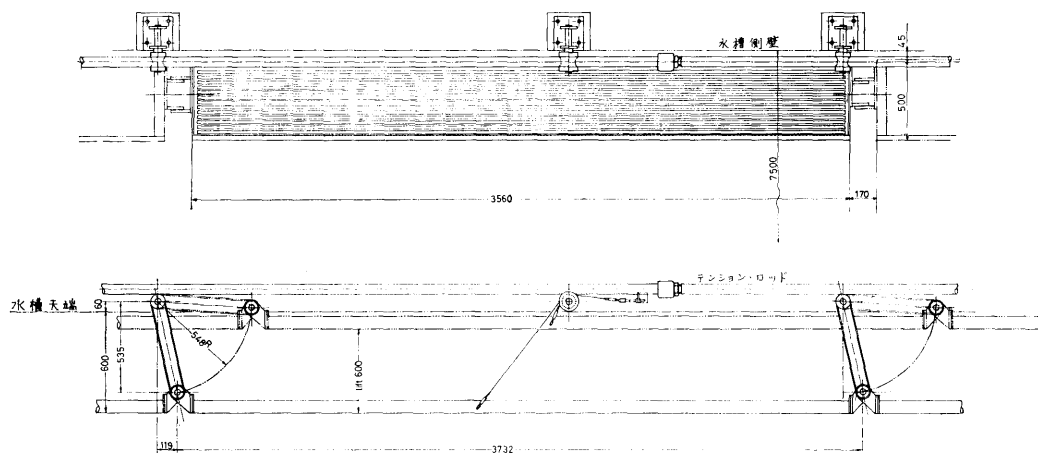


図-8.2 側面消波装置

形状を採用し、所要馬力等の計算を行った。

9.2 概 要

造波装置の概要を 図-9.1 写真-9.1 および 9.2 に示す。本装置は、基礎（I 型鋼）、上下移動用兼ブランジヤ・ガイドレール、ブランジヤ架台、ブランジヤ本体、駆動機構、制御装置、操作卓および付属装置から構成されている。駆動電動機は、平滑電機子型直流モータ（安川電機製作所ミナーシャモータ JKMM-500SR-2）10 kW 2 台であり、その制御部は、3 相十字結線可逆サイリスタ回路で構成されている。造波入力信号発生装置としては、低周波発信器、紙テープ読込装置、磁気テープ読込装置が用意され、また、起動・停止に関しては、緩・急のモード選択と、曳引車上からの遠隔操作が可能である。制御盤および操作卓は、

造波装置本体南側の制御室および操作室内にそれぞれ収められている。本装置の制御回路ブロック図を 図-9.2 に示す。制御回路には、サイリスタユニット、サージ吸収ユニット、電流検出ユニット、界磁電源回路、ダイナミックブレーキ回路、移相器電源ユニット、移相器ユニット、リードリレーユニット、直流電源ユニット、直流増幅器、電圧検出リレーユニット、および緩起動・停止ユニット等が含まれる。

9.3 操 作

操作は極めて簡単で、まず電源投入を行い、次に入力信号形式および起動・停止モードを選択し、操作卓上のダイヤル付ポテンショメータにより波高設定を行えば起動条件はすべて完了する。起動ボタンを押せば、ブランジヤ架台に取付けられたブランジヤは、駆

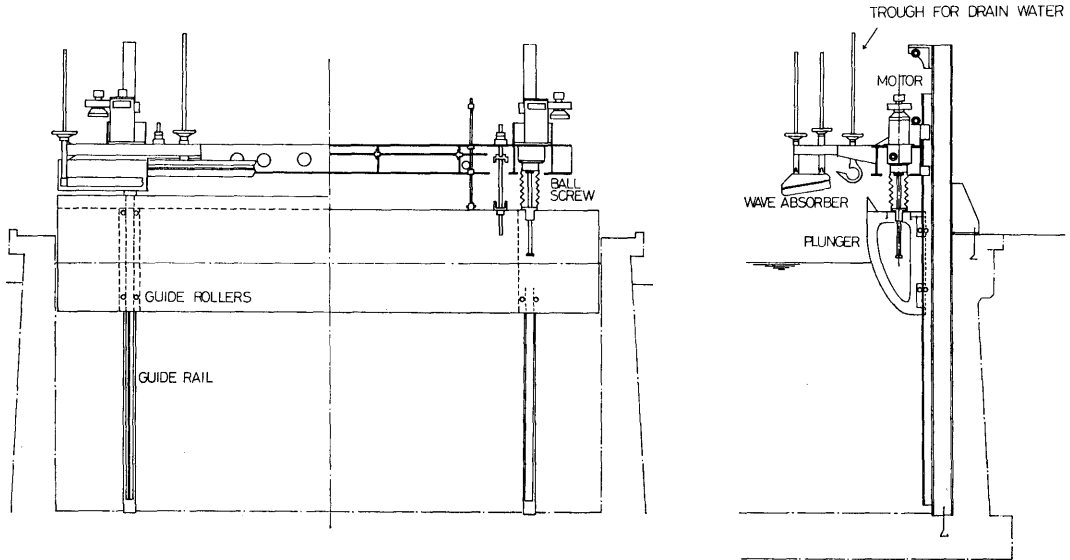


図-9.1 造波装置

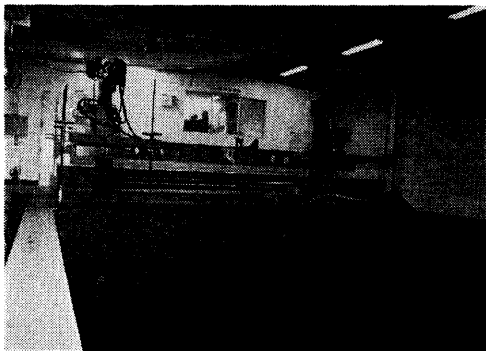


写真-9.1 造波装置（機械部）

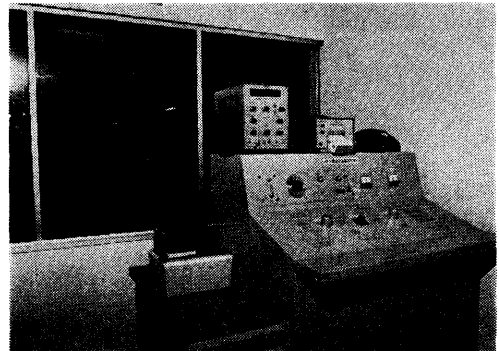


写真-9.2 造波装置操作室

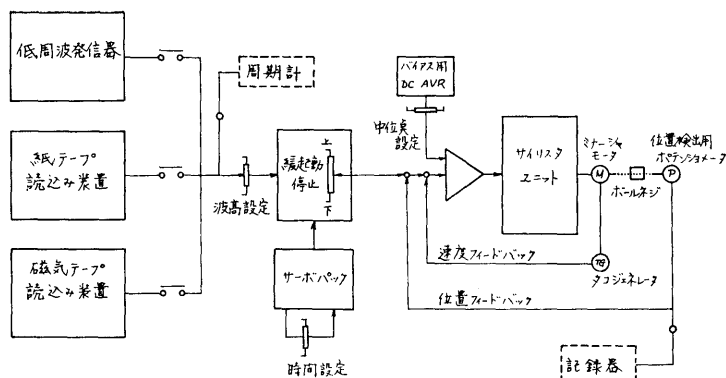


図-9.2 造波装置制御系

動電動機の正逆回転によりボールネジを介して上下動を行い、造波が開始される。

操作手順は次のとおりである。

- 1) 電源 NFB ON (制御室内壁付ボックス)
 - 2) NFB ON (制御盤内); 操作電源入, 冷却用ファン駆動開始
 - 3) 主回路電源 ON (制御盤上); 駆動電動機冷却ファンおよび励磁電源入, サイリスタ主回路入
 - 4) 操作卓上電源投入押釦 ON; 運転準備完了
 - 5) 入力信号選択押釦 (操作卓)
 - a) 規則波/不規則波
 - b) 発信器/磁気テープ/紙テープ
 - 6) 起動・停止モード選択* (操作卓)
 - a) 緩起動/急速起動
 - b) 緩停止/急速停止
 - c) 緩起動・停止時間設定; 1.5~30 秒
 - 7) 中位点調整 (操作卓); プランジャ上下動中点
 - 8) 波高設定 (操作卓); 較正曲線 (波高 ~ 設定ダイヤル/波長)
 - 9) 起動準備完了点灯確認 (操作卓)
 - 10) 起動押釦 ON (操作卓または曳引車); 造波開始, プランジャ上下動ストロークが設定値に達すれば, “定常運転” 点灯
 - 11) 停止押釦 ON (操作卓または曳引車); 造波停止
 - 12) 非常停止押釦 ON (操作卓); 主回路電源切
 - 13) NFB (制御盤内) OFF; 操作回路切, 電源切
- この他, プランジャの中立位置を大きく外れた位置で造波を行う場合には, 制御盤内の“非中立可”スイッチを ON にし, また, プランジャを手動操作する

* 特殊な場合を除き, 急速起動・停止は用いない方がよい。

際には, 操作卓上の“手動操作”押釦を ON とすればよい。

9.4 紙テープ読み装置

本造波装置の入力信号発生装置としては, 前述のように低周波発信器, 磁気テープ読み装置 (データレコーダ) および紙テープ読み装置の3形式が備えられているが, この中, 入力信号源として紙テープを用いる形式は余り類例の無いものと思われる。

紙テープ読み装置は, 信号源として別途穿孔された標準8単位の紙テープを用い, 紙テープ上の情報を編集して直流電圧信号に変換する機能を有し, 規則波, 不規則波, 複合波およびインパルス波等任意の形式の造波命令信号発生器として使用することができる。紙テープは, 欠点もあるが磁気テープに比して取扱い, 保守が容易であり, 電算機により算出した造波プログラムをそのまま利用できること, 規則波, 複合波等に対してはエンドレステープの使用が可能であることなど利点も多い。

本装置は, 紙テープ読取機 (富士通製 R208), 信号処理部および電源部から構成される。その概略を図-9.3 に示す。紙テープ上の数値は0~999の符号なし

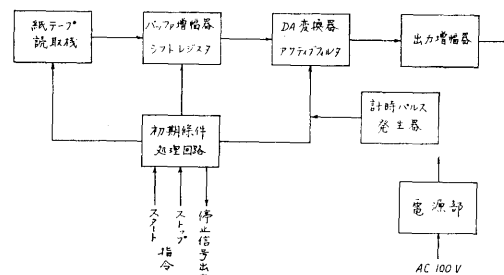


図-9.3 紙テープ読み装置

整数で、データ間の区切りマークとして“,”を入れたものである。英字“Z”は造波停止命令符号となっている。

9.5 造波特性

浅水時の造波機能を考慮したこと、造波特性が比較的波の粗度の低い領域で最良となるよう設計したこともあって、波長・波高比 $\lambda/\zeta_w \leq 20$ では、高次の周波数成分が認められる。

低周波発信器出力 10 V (15, 10, 5 V の 3 段切換) の標準時の較正曲線を 図-9.4 に示す。また、プランジャ・ストロークの上限値に相当する波高設定ダイヤル上限値を 図-9.5 に示す。上限値は、電気的あるいは

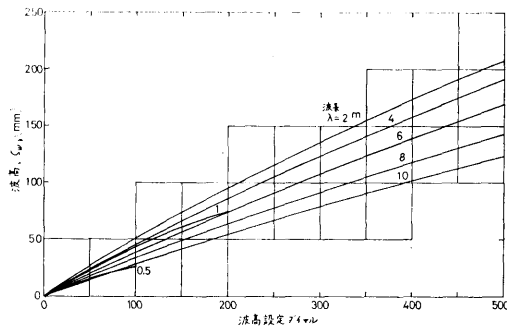


図-9.4 較正曲線

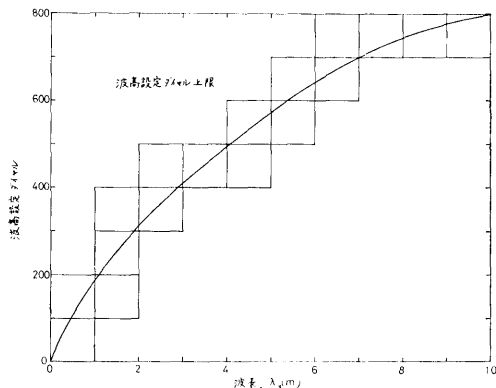


図-9.5 プランジャストローク上限

機械的な限界に加えて発生した波の安定性、歪みなどを考慮して定めた。短波長領域の造波性能は、プランジャ吃水を標準水位より浅く設定すれば若干改良される。造波時の模様を 写真-9.3 に示す。

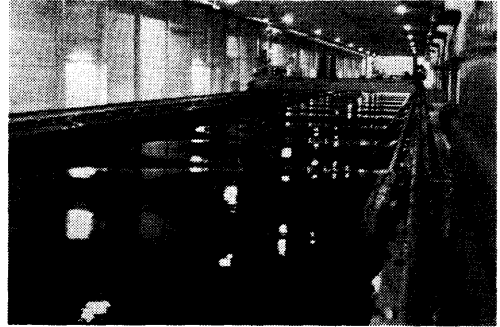


写真-9.3 造波例

10. 計測装置

10.1 計画

基本計測機器として、平水中模型試験用計測装置の設計製作を行った。本水槽の機能が多目的利用を建前として設計されていることを考慮し、計測機器についても汎用性に目掛け、高い精度と長期にわたる安定性の実現に留意した。また、計測量全量をデジタル化することは避け、計量最終段はアナログ量とし、変動量計測が可能となるよう設計した。設計に際しては特に次の点を考慮した。

- (1) 計測機器の表示記録は、できうる限り共用の表示記録装置により処理されること。
- (2) 機器出力の規格化、統一
- (3) 取扱いの簡易さ
- (4) 計測時間が十分でないことも考えられるので、動力計等の応答性が良好であること。
- (5) 浅水時にも計測機器の操作に支障のないよう、遠隔操作が可能であること。
- (6) 模型船寸法は長さ 5 m を標準とする。
- (7) 小型、軽量
- (8) 保守の容易さ

10.2 計器の概要

設計製作された計測機器の主なるものについて、その主要目等を表-10.1 に示す。

10.2.1 抵抗動力計

抵抗動力計は天秤式であって、カウンタウェイトをリードスクリューで送錘する方式となっている。最大容量を 10 kg として、その間を 20 分割し 0.5 kg ごとにカウンタウェイトを設定しうるステップ式送錘機構を採用している。また、その間の秤量は天秤に取付けられたスプリングの変位を差動トランスで検出し、アナログ電圧として取出す。ダンパーは油式で制動量可

表-10.1 計測機器と主要目

機器名称	数量	容 量	要 目
抵抗動力計	1台	10 kg 1950×700×2380 mm	天秤式, ステップ式送錘機構 (0.5 kg ステップ), 偏差出力 ± 1 V (± 500 gr 相当), 昇降ストローク 1000 mm 電動 (遠隔操作可) 精度: 最大容量の $\pm 0.1\%$ 以下, 油式ダンパ付, 摩擦修正量付加装置付 (30 kg)
自航動力計	1台	トルク 0.3 kg·m スラスト 10 kg 回転数 30 rps	天秤式, トルク; 駆動モータ反力方式, スラスト; ベルクランク/槓桿方式 精度: 最大容量の $\pm 0.1\%$ 以下, ステップ式送錘機構 (送錘速度 0.5 kg/s, 0.02 kg·m/s), スラスト逃げ; ベローズ方式 駆動電動機出力 1 kW
小型自航動力計	1台	トルク 5 kg·cm スラスト 3 kg 回転数 55 rps	ストレンゲージ型, マルチダイヤル方式 (総量方式可), 重量 2.5 kg, 全長 362 mm, 短時間過負荷 (トルク 500%, スラスト 300%), 240 (トルク)/120 (スラスト) Ω 型ブリッジ
プロペラ単独動力計	1台	トルク 1.5 kg·m スラスト 30 kg 回転数 40 rps	天秤式, 差動トランス分 (トルク 0.075 kg·m, スラスト 1.5 kg) 精度: 定格値の 0.1%, アナログ出力: ± 5 V (high); ± 20 mA (low)
流 速 計	1台	0.1~6.0 m/s	翼車型, デジタル表示, アナログ記録可 (max. 5 V), 精度 ± 0.5 mm/s, 計数時間 1 s
トリム計付ガイド	1式	トリム ± 50 mm	ポテンショメータ方式, 昇降ストローク 800 mm (5 mm/s) 電動
ク ラ ン プ	1台	水平荷重 500 kg	ブレーキモータ方式, ハサミ型 (方向可変), 昇降ストローク 700 mm
計測補助装置	1式	—	デジタルプリンタ 18 桁×2, デジタルポルトメータ ± 5.000 mV×6, ユニバーサルカウンタ 1, 計測指令器 (タイマー内蔵), ペンレコーダ (平衡型 4 ch, 2 ch)

変である。操作部には、カウンタウエイトの表示装置、差動トランス増幅器、動力計昇降用押ボタン等が配置

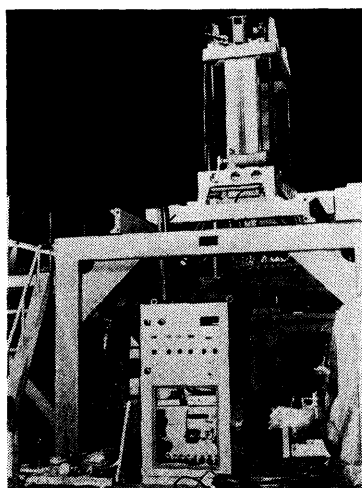


写真-10.1 抵抗動力計

されている。昇降ストロークは 1 m, 対象模型船重量は最大 2 ton である。アナログ信号出力は $0 \sim \pm 1$ V ($0 \sim \pm 500$ g 相当), 出力インピーダンス 10 k Ω 以下である。本装置には、摩擦修正量付加装置が付属されており、重錘付加用のプーリを利用して模型船と曳引車との相対位置を検出し記録しうるように工夫されている。本装置の概観を写真-10.1 に示す。

10.2.2 自航動力計

自航動力計は、本体駆動部、計量部および操作装置からなる。動力計主軸にスラスト逃げを設け、スラストは主軸よりユニバーサルジョイントを介してベアリングにより支持されたスライド軸に伝達され、スラスト検出金具、ベルクランクを経て計量桿の重点に伝えられ計測される。トルク計測の原理は、直流モータのロータとステータに界磁を与えロータ軸に回転力を与えた時、ロータ軸が等速回転を行っている場合にはロータ軸への外力、すなわち、プロペラにかかるトルクのみがステータへの反力として作用することを利用して

たもので、ステータに与えられたトルクをステータに取付けられたトルクアームを介し吊棒、楕桿を経て計量桿の重点に伝え計測する。プロペラ回転数の計測としては、電磁式ピックアップにより軸1回転につき100パルスを発信しこれをカウンタにより計数する。カウンタウェイトは抵抗動力計と同様に、リードスクリューで送錘され、またスプリングの変位量を差動トランスで検出する。ダンパは油式で制動量可変である。スプリング計量はスラスト ± 500 g, トルク 0.02 kg \cdot mである。駆動直流電動機出力は 1 kWである。本装置の概観を写真-10.2に示す。

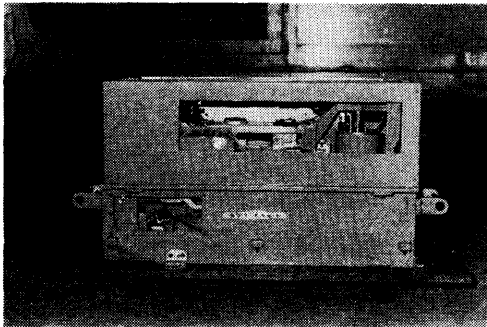


写真-10.2 自航動力計

10.2.3 小型自航動力計

軽量、コンパクトなストレンゲージ式自航動力計で動力計本体、動歪計および零バランスからなる。動力計本体は重量約 2.5 kg, 全長 362 mmの外部駆動機型であり、プロペラ回転数の検出部は含まれない。較正は、静的較正法による。スラストおよびトルクについては、定格容量 3 kg および 5 kg \cdot cmに対して、短時間過負荷 300% および 500% がそれぞれ許容される。主軸の高さは本体底面より 30 mmである。なお、本

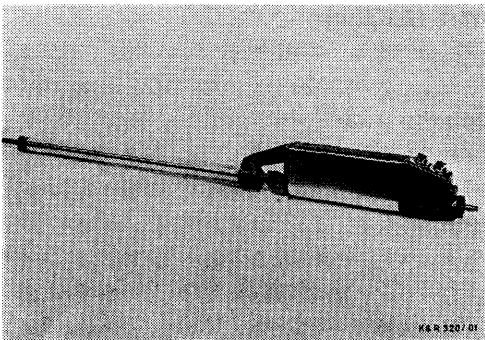


写真-10.3 小型自航動力計

機は、固有振動数が低く、プロペラ1回転中のスラストあるいはトルク変動量の計測には適していない。その概観を写真-10.3に示す。

10.2.4 プロペラ単独動力計

天秤式であるが、前述の自航動力計と異なる点は、トルク検出にベベルギヤ方式を採用していることである。すなわち、プロペラ軸に生ずるトルクはベベルギヤを介してトルクレバに伝えられ、トルクレバは軸受を支点とし連結リンクを介して計量桿を傾斜させる。この計量桿の傾斜に対応して天秤他端のカウンタウェイトとスプリングの変位とによって天秤はほぼ平衡状態となるが、その残差の微小傾角は差動トランスの出力として検出される。スラストおよび回転数検出機構は自航動力計と同様である。ただし、カウンタウェイトは全て手動操作であり、天秤ロックの開閉、計量指示等には専用の電気計測部が用意されている。駆動電動機出力は、 3.7 kW, 供試プロペラ直径は 200 mmを標準とする。概観を写真-10.4に示す。

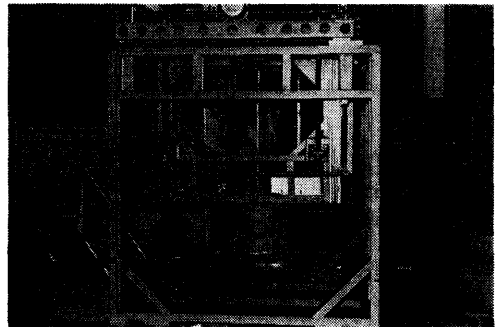


写真-10.4 プロペラ単独動力計

10.2.5 流速計

プロペラの遊転回転数をプロペラ軸に設けた歯車と無接触方式の高周波発振機構を利用して電気パルスとして検出し、予め較正された回転数対流速較正曲線より流速を求める。回転数は通常、デジタルカウンタを介しプリンタに印字されるが、D-A変換器が内蔵され流速変動のアナログ記録が可能である。

10.2.6 その他の計測器

トリム計付ガイドは、小型、軽量であること、および細部に工夫改良を加えた外は、 400 m 試験水槽常用のトリム計と変るところはない。計測補助装置は、本水槽独特のものであり、様々の計測機器の出力レベルをでき得る限り統一し、これを1つの装置を以て表示記録するための装置で、デジタルボルトメータ、

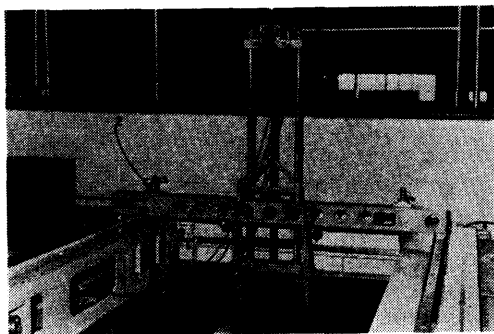


写真-10.5 トリム計付ガイド

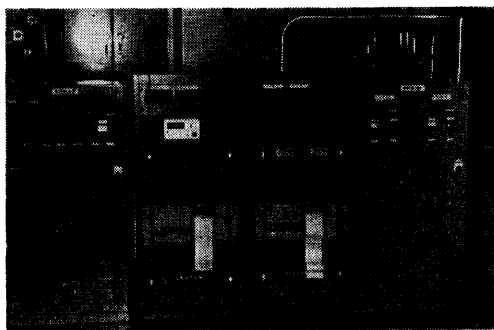


写真-10.6 計測補助装置

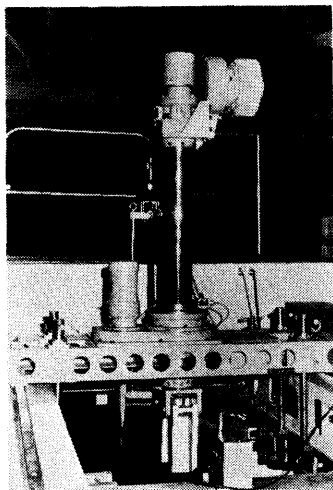


写真-10.7 クランプ

プリンタおよびクロックパルス発生器からなる。トリム計付ガイドを写真-10.5に、計測補助装置を写真-10.6に、またクランプを写真-10.7に示す。

11. 計算設備

水槽建設の計画時には、中型試験水槽の稼動によ

て、推進性能部に関連した研究では、約8割の水槽試験データの増加を予測していた。このため400m水槽で使用していた既設のTOSBAC 3300B型電子計算機(8kW)によるオンラインのデータ処理装置は容量、速度ともに十分でないため、計算機本体をTOSBAC 3400-30型電子計算機(16kW)に交換し、周辺諸装置を補強した。一方、本工事に關連して400m水槽曳引車からのオンラインのデータ伝送装置を廃止したが、これは旧データ処理装置が計画時には最高のものであった1,600 bits/sec(約100データ/秒)の伝送速度も近年の実験の要求に合わないことと、最近では小型の計算機の発達によって、計算機の曳引車搭載が容易になったこと等によっている。

また近年は、船型試験水槽の実験が質的に変化していることもデータ処理装置の計画に関して見逃すことができない。すなわち、以前は大型水槽の任務は多数の模型船について日常化した抵抗、自航試験の実施が主なものであり、このためdigitalデータの処理と実験準備の計算が多かったが、近年は、模型船の隻数が少なくなった一方、抵抗成分の分離計測、船体周りの流れを調べる等、大量のanalogデータの処理が中心になりつつある。この見地からもanalogデータを重視した改造を行ったことは適切であった。analogデータの処理は、磁気テープ方式のanalog data recorderに水槽で生データを記録し、DATAC 2000A型データ集録装置を介して計算処理する方式としている。

主要な機器の構成を図-11.1に示す。

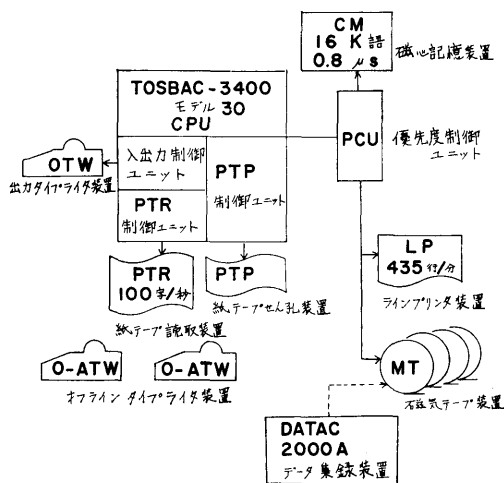


図-11.1 水槽用データ処理装置構成図

12. 結 言

以上、述べてきたように本水槽は数多くの特徴を備えており、中型試験水槽としては世界の中でも有数のものと考えられる。

本水槽を建設するに当たっては、広く各方面から絶大な協力を賜ったが、特に、東京、大阪、広島、九州の各大学および三菱重工（株）長崎研究所、石川島播磨重工（株）技術研究所の方々に厚くお礼を申し上げます。また、水槽および建屋の設計建設監督に当たられた建設省関東地方建設局の方々、建設にご指導ご鞭撻をいただいた船舶技術研究所大江、木堂前所長、山内現所長をはじめ所内外の方々に深く謝意を表します。なお、本水槽の主要な工事を担当していただいた次の各社の方々にも厚く感謝いたします。

水槽および建屋：大木建設（株）、タツヲ電機（株）
日建設備（株）

曳引車、送風台車、レール

側面消波装置、トロリー：住友重機械工業（株）

曳引車制御装置：（株）明電舎

送風機：（株）日立製作所

造波装置：（株）安川電機製作所

計測装置：大和製衡（株）電子工業（株）

計算装置：東京芝浦電気（株）

岩崎通信機（株）

参 考 文 献

- 1) 推進性能部，三鷹第2船舶試験水槽の建設について，船舶技術研究所報告第6巻第4号，昭和44年7月
- 2) 栗村康彦，大津留喬久他，滑動抵抗試験水槽の水位変化による壁体の微動について，第12回船研研究発表会講演概要，昭和43年11月（本研究は，第14，15船研研究発表会でも続報されている）
- 3) 乾崇夫，梶谷尚他，東京大学船型試験水槽曳行台車等の改新について，日本造船学会論文集，第123号，昭和43年6月
- 4) 栗原道徳，田才福造，栖原寿郎，九州大学応用力学研究所の海洋災害研究用大水槽について，西部造船会会報第32号，昭和41年7月
- 5) Porter, W. R., Pressure Distributions, Added-mass, and Damping Coefficients for Cylinders Oscillating in a Free Surface," Report of University of California, Series 82, 1960.

(附録) 工事記録写真

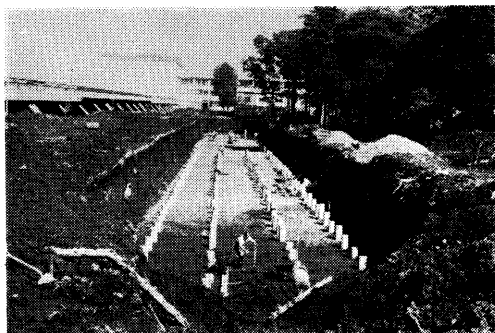


写真 A-1 堀削と杭

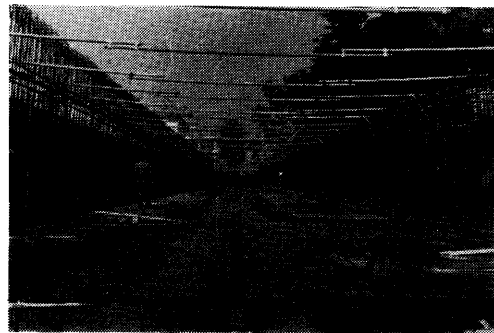


写真 A-2 底盤と側壁配筋



写真 A-3 側壁配筋，南端部非常制動等の基礎

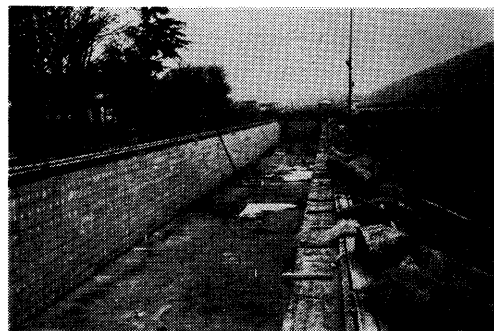


写真 A-4 主水槽（北側より）



写真 A-5 造波機基礎（水槽南端の壁を外側から見る）

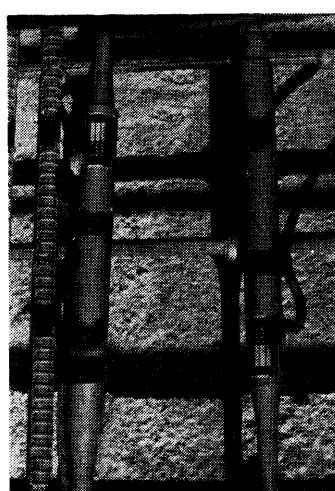


写真 A-6 底盤内ロード・セル



写真 A-7 建屋基礎杭

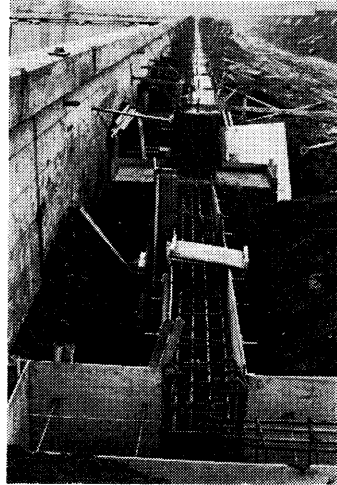


写真 A-8 建屋基礎

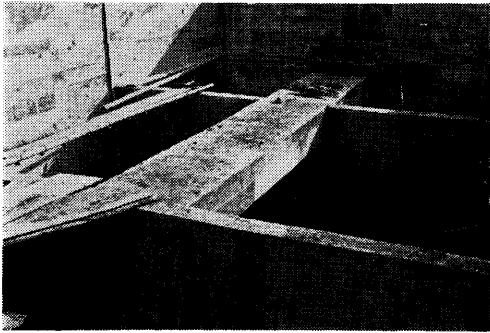


写真 A-9 トリミング・タンク基礎

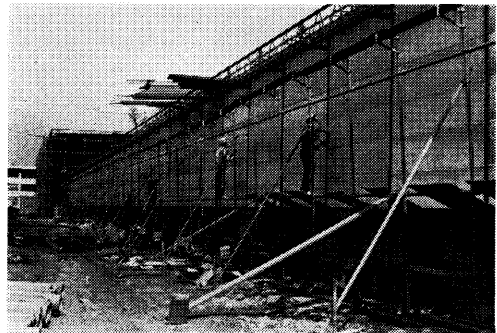


写真 A-10 水槽場建屋外壁

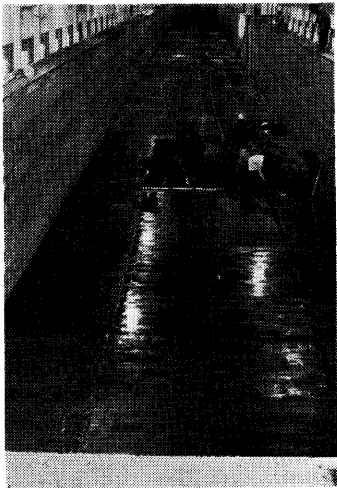


写真 A-11 底盤仕上げ

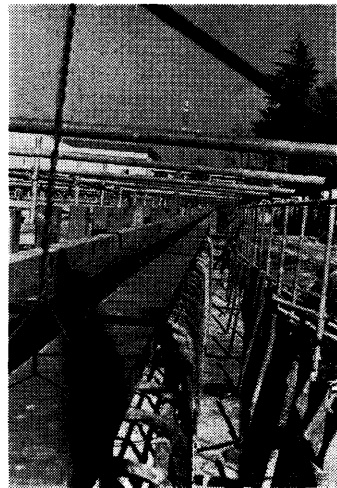
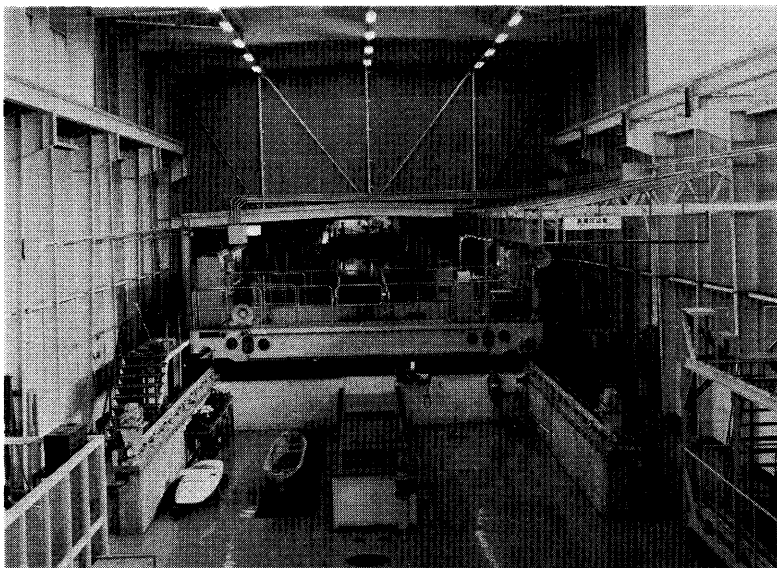


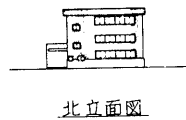
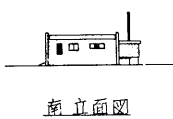
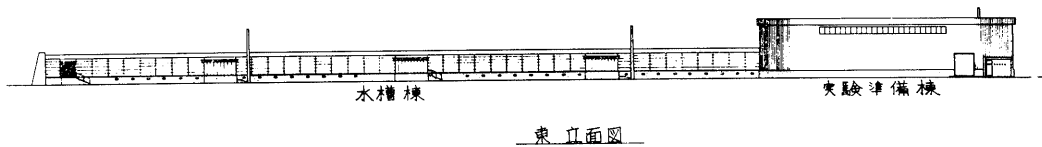
写真 A-12 レール基礎



正面玄関



実験準備場内部



外観図

三鷹第3船舶試験水槽完成図