

図 5-18 非常制動装置の配置図

32.1 m のシリンダーを取付けた。なお、シリンダーには 5-8-3-3 の(5)式を大体満足させるように 13.5 mmφ のオリフィス 50 個を全長に配した。シリンダーは水タンクの中に入れてある。初期衝撃力はワイヤーロープの弾性で緩和するようにした。曳引車両側での制動力の不釣り合いを心配したがその分はワイヤーロープを長くすることでかなり緩和されるものと考えた。曳引車におけるこの制動力の作用点は東西の前部駆動部枠とし、ワイヤーロープは、制動力の作用時に跳ねることのないように東・西縦桁の下弦材を利用して引張力方向を除いて拘束するようにした。水タンクにはフロートスイッチを取付け、水位が所定の位置にあれば、非常制動装置の北端部に青いランプが点灯され、水槽北端から確認できるようになっている。

5-8-4 スプリング制動装置

5-8-4-1 概要

本制動装置はつぎの目的で設けられた。

- (1) 走行中、停止中に拘らず、停電したときや電源を切ったときに自動的に作用する。これは、強制制動装置用の空気溜の空気圧力が低下して強制制動装置が無効になったときにも作動する。
- (2) 運転制御装置が故障して通常制動装置が無効になったときはベルが鳴り自動的に本制動装置が作用する。
- (3) 水槽南北端に、自動制動区域を設けて、この区域に曳引車が入ると自動的に本制動装置が作用する。これは計測者が計測に熱中するあまり、他の一切の制動装置を忘れかけた場合の注意喚起と保安のためである。

5-8-4-2 方式

制動シューで制動用レールをはさむ点は強制制動装置と同じであるが、本制動装置は図 5-19 に示すよう

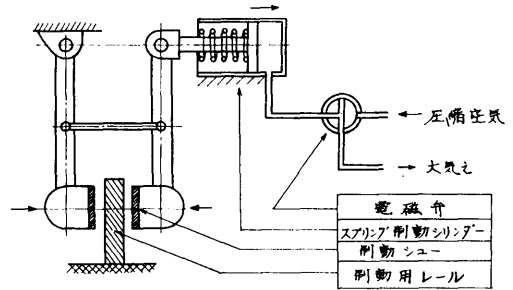


図 5-19 スプリング制動装置の概略図

にスプリングの力を利用したものである。通常走行時は、強制制動装置と共用の空気-油圧力でスプリングを開放している。圧縮空気の排出口は、常励磁電磁弁で常時は閉じている。常励磁電磁弁への送電が停止した場合は、この弁が開き、圧縮空気はこの弁を通して空気中に排出される。この場合にスプリングの力が制動シューに作用する。制動力は 0.05 g のほぼ一定(ただし、ストロークの変化により 0.04~0.06 g に変化する)とした。

5-8-5 制動装置の配置

曳引車における制動装置の配置を図 5-20 に示す。

5-8-6 自動制動区域

水槽の南北端に設けられた自動制動区域は大意図 5-21、図 5-22 に示す通りである。

5-8-6-1 北端自動制動区域

北端自動制動区域は曳引車北進時のみ有効であり①~④は無接触リレーにより自動的に作動する。

距離を決めた根拠はつぎのとおりである。

- (1) 復行最大速度 2 m/sec のとき(北進は一般に復行と考え、最大 2 m/sec とする)

通電時：②点に 2 m/sec で進入してくると、ここで通常制動の設定値が入る。設定値が最

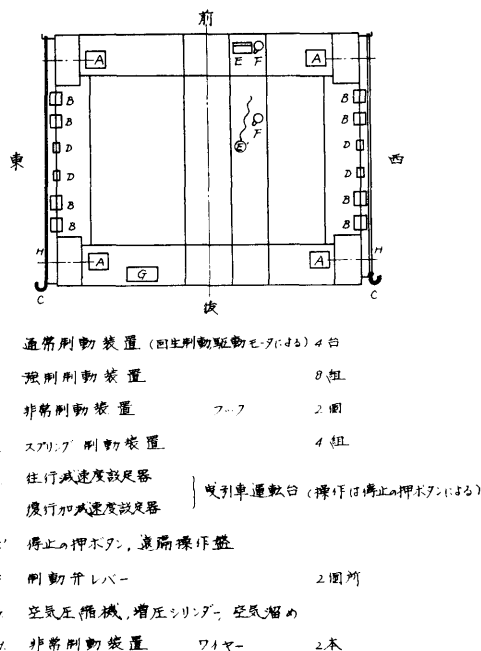


図 5-20 各制動装置の配置図

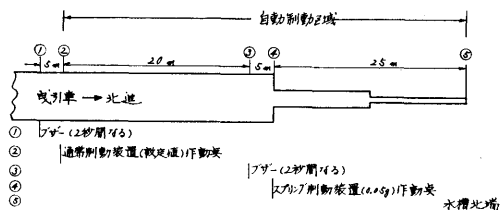


図 5-21 水槽北端の自動制動区域

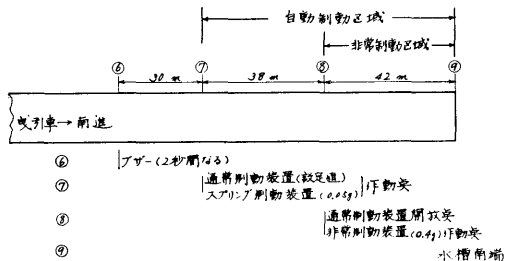


図 5-22 水槽南端の自動制動区域

小の 0.01g であれば③点で停止する。

停電時：②点に 2m/sec で進入してきてこの点で停電した場合、この点でスプリング制動の 0.05g が作動し②点の北方 4m で停止する。

(2) 北進最大速度 5m/sec のとき (北進で実験をする場合もあると考え、このときの最大速度を 5m

/sec と仮定した)

通電時：②点に 5m/sec で進入してくると、ここで通常制動の設定値が入る。設定値が最小の 0.01g であれば④点へ 4m/sec の速度で進入する。ここでスプリング制動の 0.05g が作動すると⑤点の南方 11.7m で停止する。

停電時：②点に 5m/sec で進入してきて、この点でスプリング制動の 0.05g が作動し②点の北方 25m すなわち④点で停止する。

5-8-6-2 南端自動制動区域

南端自動制動区域は曳引車南進時のみ有効であり、⑥、⑦は無接触リレーにより、⑧の非常制動装置の作動はフック、通常制動装置の開放はフックに取付けられているリミットスイッチにより行なわれる。

距離を決めた根拠はつぎのとおりである。

- (1) 高速時：最大速度の 15m/sec で⑦点に進入してくると、この点でスプリング制動の 0.05g (この点で停電すると通常制動は 0 となる) が働く。ここで強制制動装置の制動弁レバーを一杯まわして 0.25g を作動させると、計 0.3g が働く。⑦に進入してからレバーを一杯まわすまでの動作遅れを 0.2sec としても⑧点に到るまでに停止する。
- (2) 低速時：最大 6m/sec で⑦点に進入してくると、(1)と同じくこの点で最小 0.05g が作動し、⑦点より南方 36m すなわち⑧点の北方 2m で停止する。

南北端の自動制動区域においてすべての自動制動を解除して進入する場合は寸動 (6-4-8 参照) のみが可能である。

5-8-7 制動装置の併用

表 5-5 に示すような併用の組合せが可能になっている。表中の記号順に、併用の種類を図 5-21, 図 5-22 を参考にして説明するとつぎの通りである。

a : 北進時の④点に至るまでの範囲と、南進時の⑦点に至るまでの範囲で A+B の併用が可能となる。また、北進時で④点に至って④点のリレーの故障あるいは D の故障の場合は⑤点に至るまで A+B の併用が可能となる。

さらに、南進時で⑦点に至って⑦点のリレーの故障あるいは、D の故障の場合は⑤点に至るまで A+B の併用が可能となる。

b : 北進時の④点~⑤点の間と、南進時の⑦点~⑧点の間で A の設定値を投入するあるいは、A

表 5-5 各制動装置の併用

制 動 装 置	通常制動装置	強制制動装置	非常制動装置	スプリング 制 動 装 置	制 動 力 最 小 計	制 動 力 最 大 計	記 号	
符 号	A	B	C	D				
個 有 制 動 力	0.01~0.1g	0~0.25g 制 動 時 選 択	0~0.4g 進 入 速 度 に よ り 決 定	0.04~0.06g 固 定				
併 用 の 組 合 せ	A+B	0.01~0.1g	0~0.25g	Cの区域を除外	Dの自動作動を除外あるいは故障と考える	0.01g	0.35g	a
	A+D	0.01~0.1g	作動させず	"	0.05g	0.06g	0.15g	b
	A+B+D	0.01~0.1g	0~0.25g	"	0.05g	0.06g	0.40g	c
	B+C	※	0~0.25g	0~0.4g	故障と考える		0.65g	d
	B+D	作動させずあるいは停電	0~0.25g	Cの区域を除外	0.05g	0.05g	0.30g	e
	B+C+D	※	0~0.25g	0~0.4g	0.05g		0.70g	f
	C+D	※	作動させず	0~0.4g	0.05g		0.45g	g

備考 ※ AとCとの併用はない。

の設定値が投入されているときに A+D となる。

- c : 北進時の④点~⑤点の間と、南進時の⑦点~⑧点の間で A+B+D の併用が可能となる。
- d : 南進時に⑦点でリレーの故障あるいはDの故障により⑦点~⑧点の間でDが作動しないとき、⑧点~⑨点の間で B+C の併用が可能となる。
- e : 北進時の④点~⑤点の間、南進時の⑦点~⑧点の間で、A を作動させず（設定値を投入せず）にBを作動させれば B+D となる。さらに進行方向に関係なく⑤点から⑧点の間で停電しBを作動させれば B+D となる。
- f : 南進時の⑧点~⑨点の間で B+C+D の併用が可能。ただし、⑦点のリレーが故障して⑧点へ15m/s で進入したとき B の最大値を作動させると制動力の最大は 0.7g となる。
- g : 南進時の⑧点~⑨点の間で B が作動しなければ C+D となる。ただし、⑦点のリレーが故障して⑧点へ 15m/s で進入したときの制動力が 0.45g となる。

5-9 計測器取付け用レール

5-9-1 計測器取付け用レール

曳引車中央部の東西縦桁の中央よりの下弦材箱型ビーム上に 20mm 角の硬質ステンレススティール製のレールを設けた。これらは計測機器を直接または後述の計測部補助桁を介して取付けるためのものである。2条のレール間は、上下および前後方向に障害物の全

くない計測区域となっている。2条のレールは、同一水平面内で水槽中心線に対し、対称かつ平行に取付けられ、2条のレールにまたいだ任意位置の集中荷重 200kg および合計 3ton までの重量物搭載に耐えられるものとした。なお、計器搭載の際に位置の目安になるように両レールの側に目盛板がはられた。両レールにわたされた桁材は両目盛を同一にすれば水槽中心線に対して直角になる。本レールの上記以外の要目は表 5-6 に示すとおりである。

表 5-6 計測器取付け用レールの要目

レールの長さ	11.3 m
レールの内面間隔	2,400±2/10 mm
レール頂面の高低差	4/10 mm 以内
レールの支持点間隔	100 mm
基準水面からレール頂面までの高さ	1,129 mm

本レールを使用して船首、船尾ガイドの間隔が約 11m までの模型船が実験可能である。

これ以上の長い模型船に対しては、曳引車後端の中央部に突き出ている箱型ビームに取付けられている補助レールを使用する。この補助レールに船尾ガイドを取付けることによってガイド間隔が約 15m までの模型船の実験が可能になる。レールの内面間隔は大きいトリミングタンクの幅にあわせた。トリミングタンクと計測器取付け用レールとの関係を図 5-23 に示す。

5-9-2 計測部補助桁

表 5-6 に示すように、計測器取付け用レールはレー

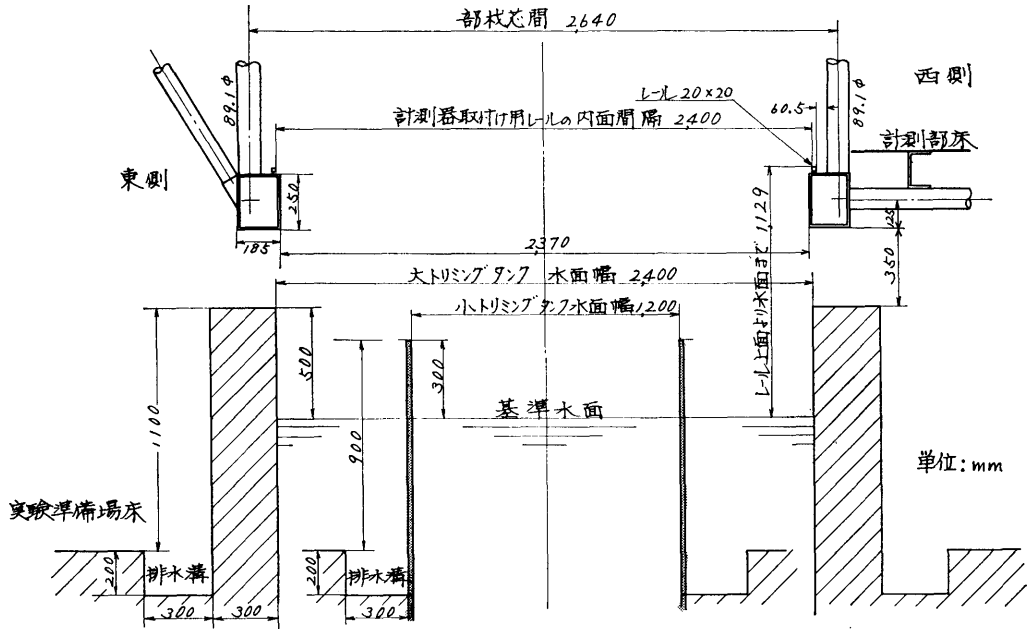


図 5-23 計測器取付け用レールとトリミングタンクとの関係

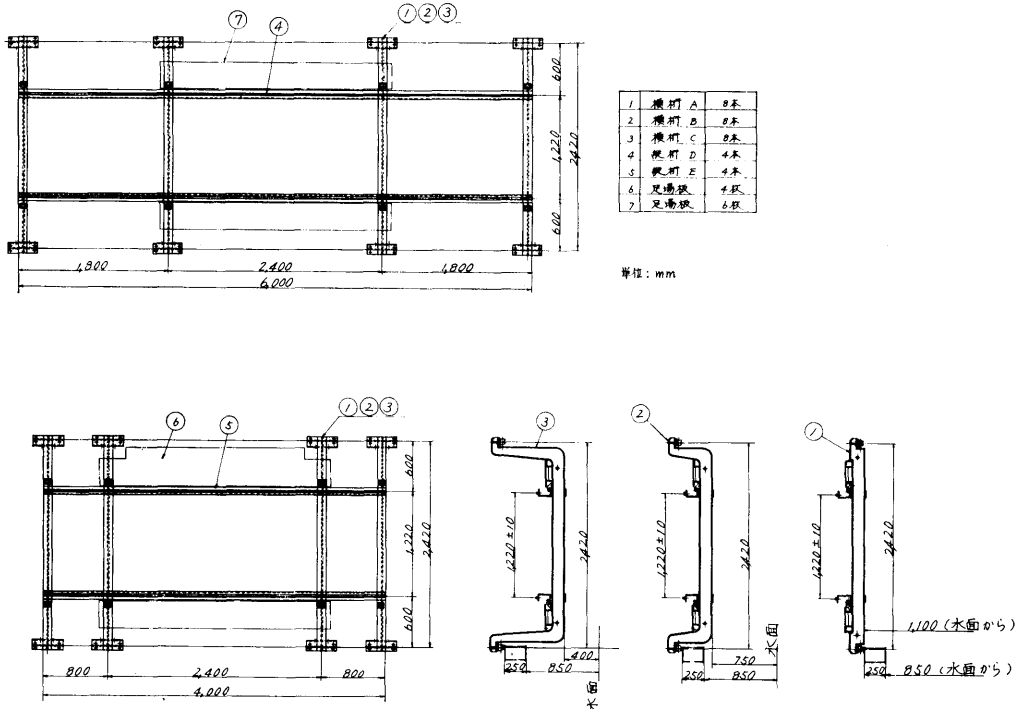


図 5-24 計測部補助桁

ル内面間隔，基準水面からレール頂面までの高さともかなり大きいので，小型模型船を使用する場合などを考えて，つぎのような計測部補助桁を設けた。この補助桁は5-9-1の計測器取付け用レールに架設するものであって随時取付け，取りはずしが可能となっている。補助桁は計測器取付け用レールに架設する横桁と，横桁上に取付ける縦桁から構成されている。縦桁には5-9-1と同様なレールが取付けられており，このレールに計器を取付ける。横桁の取付け，縦桁の取付けは，図5-24に示す状態で2tonの中央集中荷重を搭載して最大制動をかけた場合も破損しないように強固な固着装置が設けられた。なお，横桁上の足場板も用意されている。補助桁を取付けた1例と用意されている縦桁と横桁の寸法とそれぞれの個数を図5-24に示す。

5-9-3 操縦性能試験用計測レール

曳引車の最前部に，水槽中心線と直角方向に前部横桁下弦材を利用して5-9-1の計測器取付け用レールと同様な長さ12.8mのレールが取付けられている。これは後述する補助台車に設けたレールと一対をなして操縦性能等対象物が水槽の幅方向に移動する実験を行なうためである。

水面より本レール頂面までの高さは1,334mm，一

対をなすレールの内面間隔は2,400mmである。

5-10 床張り

曳引車上の床張り配置は図5-9に示すとおりである。材質は耐水合板であり表面には全面にわたって濃緑色のロンリュームが張られている。床板は適当に区切られ，各個自由に取りはずせるようになっている。1ブロックの大きさは約800mm×1,800mmであり，四周は金属板で補強されている。床張りの下を利用して電線，各種ケーブル，油圧空気配管等のダクトが取付けられている。

5-11 曳引車上で使用する一般用電源

曳引車上で使用する照明用，計測機器用，速度制御装置用等の電源（ただし，曳引車駆動用電源は除く）として，当初は模型船工場用3φ220Vの動力線をそのまま，トロリー線で曳引車に給電する予定であった。しかし，トロリー線による電圧降下が大きく，曳引車の位置によって電圧にかなりの差が生じることがわかった。これをさけるため，水槽棟北端の動力室に3φ220Vを3φ600Vに昇圧する120KVAの変圧器をおき，トロリー線には3φ600Vを給電した。トロリー線電圧を600Vに選んだ理由は，一般に送電電圧の降下比は線電圧の自乗に逆比例すること，一般低圧用器具（たとえばNFB等）の規格が最高600Vで

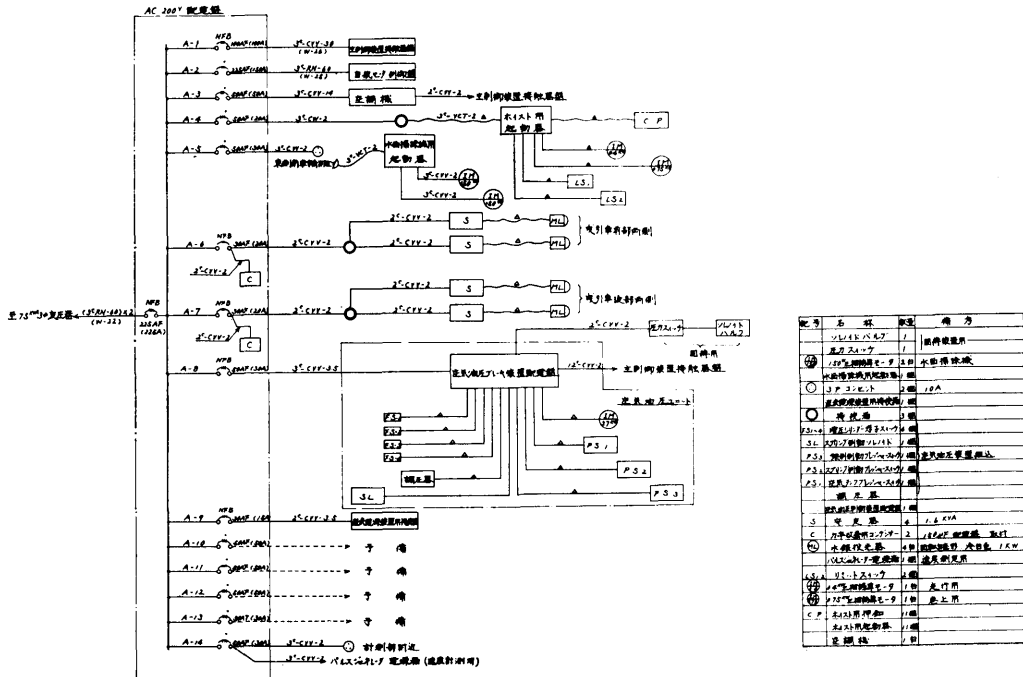


図 5-25 A.C. 220 V 電路図

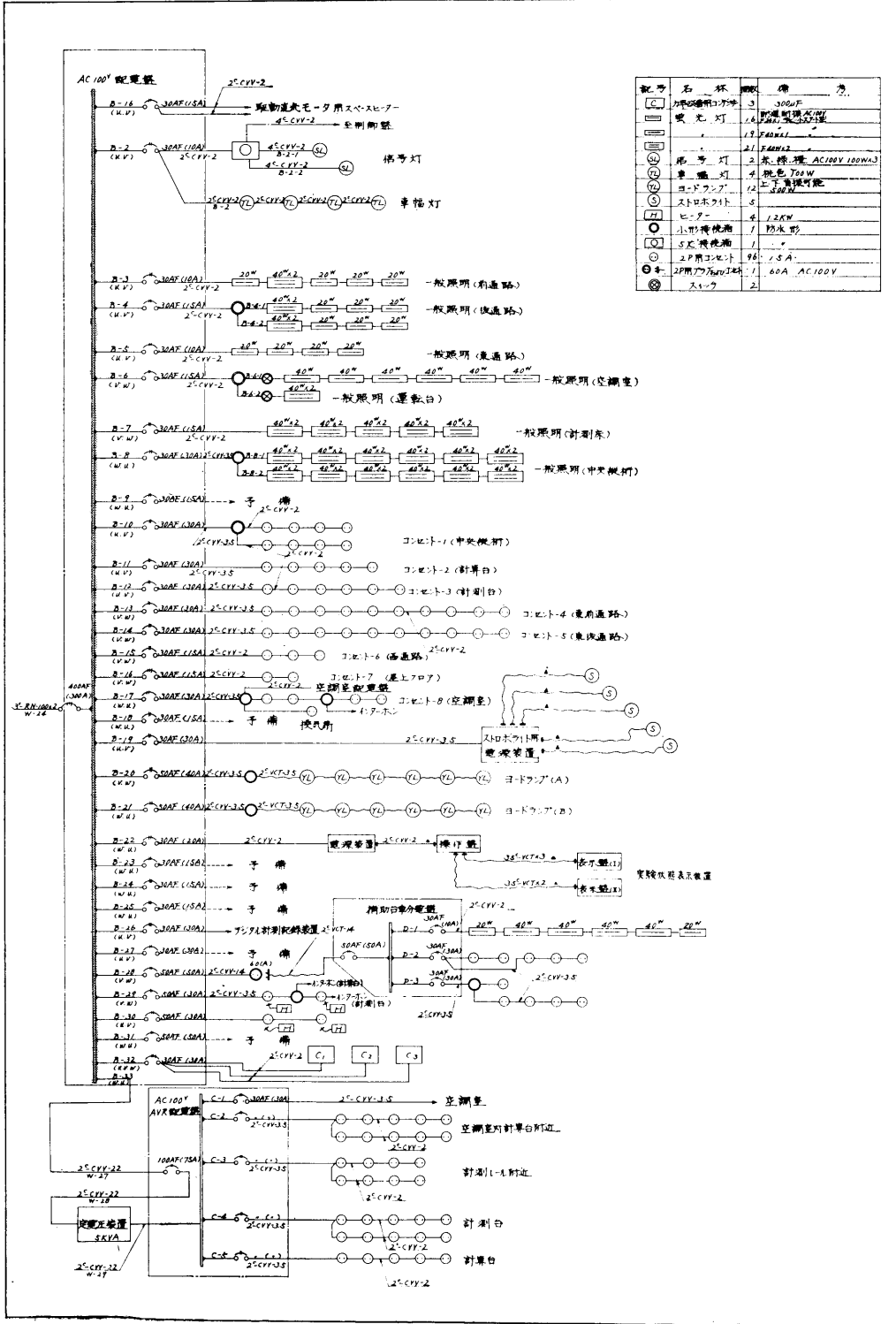


図 5-26 A.C. 100 V 電路図

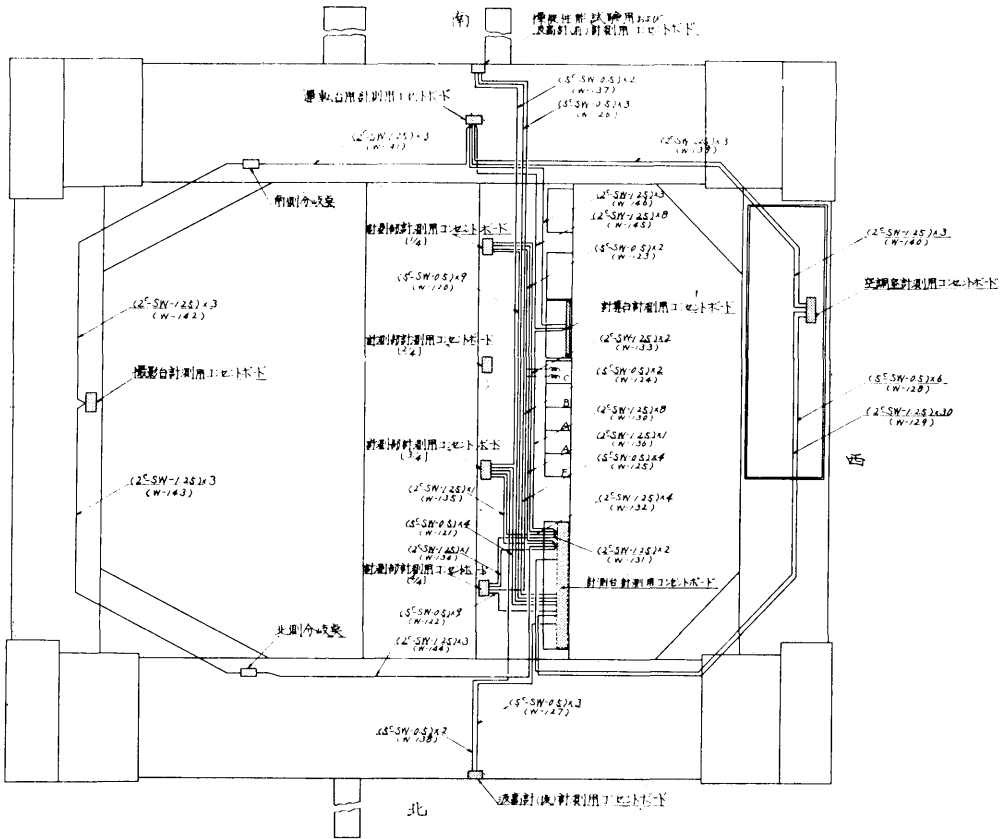


図 5-27 計測用配線の系路図

あることの二つの理由による。トロリーの線電圧を 600V にした結果、曳引車の位置による電圧変動は約 5% に押えることができた。

曳引車上には、トロリーから入る 3φ600V を 3φ220V に降圧する 60KVA の変圧器と、同様の 3φ600V を 3φ100V に降圧する 50KVA の変圧器をおいて、動力線用 3φ220V と、照明用等の 100V を供給している。各相間の平衡が悪くなるとトロリー線における電圧降下が増加するので、100V も 3相にして各相間の負荷をできるだけ等しくなるように蛍光灯、コンセント等を配置した。

5-11-1 220V 動力線

3φ220V は主として補助動力用に使用するもので、曳引車速度制御用、自航試験・プロペラ単独試験用モータを駆動するワード・レオナード電動発電機およびその制御用、空調室冷暖房機用、ホイストモータ用、水面掃除ポンプ用、制動装置の空気圧縮ポンプ用、直流電源装置用、投光器用、抵抗動力計昇降用および速

度検出装装置用にそれぞれ電力を供給するものである。A.C. 220V の電路系統図を図 5-25 に示す。

5-11-2 100V 一般用

3φ100V は、各相の負荷が大略均等になるように、主として照明用および計測用電源コンセントに単相で配線されている。計測部を中心にして曳引車のどなたころでも A.C. 100V が使えるように、47個のコンセントが曳引車の各所に分散されている。コンセントの容量は1個につき 15A であり、コンセントを数個まとめて 30A の N.F.B. (No Fuse Braker) に接続されている。また、制御用電源が投入されていないときには駆動モータのスペースヒータに A.C. 100V を通電する。A.C. 100V の電路系統図を図 5-26 に示す。

5-11-3 A.C. 100V 定電圧電源

特に安定を要する計測器等の電源用に A.C. 100V 5KVA の磁気増幅器型の定電圧電源装置 (AVR) が用意された。この出力は計測部と空調室のコンセントおよび曳引車搭載のデータ伝送装置に供給されてい

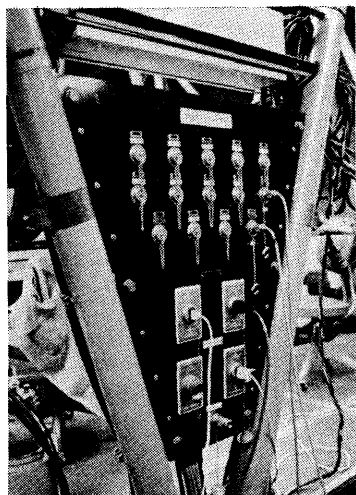


写真 5-5 計測部のものを示す

る。A.C. 100 V 定電圧電路系統は図 5-26 に併せて示されている。

5-12 計測用配線

水槽実験はその大部分が電気計測によることが多く、検出部からデータ処理機器まで、複雑な配線を行なうことがしばしばあり、それ等の配線で計測床が混乱し、実験準備あるいは、事故処理の段階で思わぬ時間を費すことが多い。

円滑に計測用配線を行なうために、曳引車上で予測される検出機、データ処理機の配置個所相互の間に計測専用線を設けた。使用ケーブルは 5 芯 0.5 mm² シールド線および 2 芯 1.25 mm² シールド線の 2 種類に統一されている。2 芯のものは、出力信号用および制御用として使用できるようにした。

計測用配線の系路図を図 5-27 に示す。各配線の両端は、図 5-27 に示す個所に設けられたコンセントボードのメタルコンセントに接続されている。なお、コンセントボードには、A.C. 100 V 一般電源、A.C. 100 V 定電圧電源もまとめられている。写真 5-5 はコンセントボードの一例として計測部に設けられているものを示す。

5-13 照明装置等

5-13-1 一般照明

曳引車上の一般照明としてはすべて 40 W と 20 W の蛍光灯を使用し、計測床、空調室内は 300 ルクス、模型船取付部は 200 ルクス、その他、通路床は 100 ルクスないし 20 ルクスの照度となるようにした。

5-13-2 局部照明

水槽通路などで作業を行なう場合に集中光を当てる

目的で、曳引車の四隅に 1 kw の水銀灯投光器を計 4 個設けた。これは比較的暗い水槽棟内で作業をする場合に有効に利用されている。

5-13-3 標識灯

水槽通路の通行者に注意を与えるため、曳引車の最大幅を示す車幅灯を前後部の左右に計 4 個設けた。

5-13-4 信号灯

曳引車の運転状態を示す信号灯が曳引車の前、後部横桁上弦材の中央部に 1 組ずつ取付けられた。

これは赤、緑、橙の 3 色を 1 組とし、観測者が赤色を見た場合は、曳引車が観測者に近づいていることを、緑を見た場合は遠ざかっていることを、また橙を見た場合は停止していることを示すようになっている。点滅は曳引車の運転に連動している。本水槽のように走行距離が大きい場合は、曳引車が観測者から離れた場合、曳引車の運転状態が判断しにくい、この信号灯により容易に判断できる。これは高速運転時には安全のためにも必要なことである。

5-13-5 一般撮影用照明

照射距離 3 m において、ASA 50 のカラー 35 mm を絞り F4、シャッタースピード 1/500 で常用模型船 (7~8 m) の船側波形写真等が撮影できるものを計画した。カラー、モノクロのシネ撮影も対象としている。中央部東縦桁と東縦桁間の空間部に照明灯の取付桁を設け、ヨー索ガス封入の 500 W 白熱灯 (ヨードランプ) を 13 個取付けた。なお、局部補光にはリフレクタランプ 500 W 8 個を付属させた。

5-13-6 同期撮影用照明

照射距離 7.5 m で ASA 100 のモノクロ 35 mm を絞り F4、閃光最長持続時間 1/2000 sec、撮影間隔 5 sec 以内で常用模型船の船側波形写真等が撮影できるものを計画した。東縦桁下弦材に東芝製キセノン閃光放電管 FT-100 を 5 個配置した。

5-14 空調室

曳引車の西縦桁内に設置された空調室は、曳引車搭載機器のうち、防湿、防塵を必要とし、温度変化が故障の原因となるものを収容するためである。

有効床面積は約 10.82 m²、外形寸法は長さ 6,500 mm、幅 2,000 mm、高さ 1,723 mm である。構造は軽量鉄骨の骨組とし、東側に広い窓をもっており、外側を鉄薄板材、内装はアルミ板、ロンリューム床張り仕上げとなっている。壁材の間は、厚さ 75 mm のグラスウールまたは 5 mm の 2 重ガラスで断熱されている。2 ヶ所の出入口のほか、水槽準備場の天井走行ク

レーンで機器を搭載するための搬入口 (1,100 mm × 2,150 mm) を設け、また臨時に計測ケーブルを室外から引込むための貫通孔が設けられている。

空調室内の常備機器としては、曳引車速度制御装置、解析装置用の入出力装置、計測処理装置、操作テーブルおよび外部の計測器と接続するためのコンセントボード (47素子)、空調機、VTR 用端子等がある。

空調機は、大阪金属(株)製の VA 40 S, 6,800 kcal/h のもので室温 (23±3)°C、湿度 (55±10)% に保つことができる。空調機の振動をさけるため曳引車の前進時には自動的に運転を停止し、後進または、停止時に自動回復するようになっている。

5-15 艤装品その他

5-15-1 ホイスト

中央計測部の縦主桁上弦材にレールを設け、これに電動走行のホイストを設備した。計測機器等の搭載とか位置決めを行なうためのものである。容量は 1 ton、最大揚程は 6 m、走行距離は約 11 m である。フックの上下動、ホイストの前後走行は電動であるが水槽幅方向は固定であり、フックは曳引車中心線を前後に移動するのみである。操作は計測床上から押ボタン操作で行なう。レールの両端部には、曳引車の走行中にホイストが移動しないように固縛装置が設けられている。

5-15-2 波高計取付け台

波高計または流速計を、曳引車の前方、および後方に設置するためのものであり随時取付け、取りはずしが可能になっている。

5-15-3 補助撮影台

模型船等を前方から撮影するために設けたものであり、随時取付け取りはずしが可能になっている。

5-15-4 風防ガラス囲壁

曳引車の走行から起る風によって、計測作業が支障を受けないように計測床の 2 辺を風防ガラス壁で囲っている。

風防囲壁の適切な配置、囲壁まわりの気流が計測水面におよぼす影響等を曳引車模型による風洞試験で調べた。風防ガラスには透明アクリル板を使用した。取付枠および腰板には軽合金材を用いた。

5-15-5 実験状態表示装置および同操作盤

写真撮影時の実験状態表示に用いるもので、模型船番号、実験種別、排水量状態、速度、航走番号等を簡単な押ボタン操作で表示させるものである。表示装置としては富士通信機製造(株)の回転式反転表示盤を使

(154)

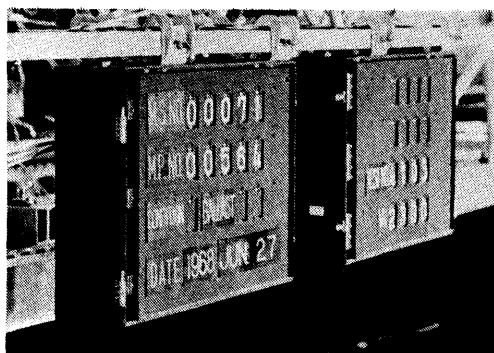


写真 5-6 実験状態表示装置

用し、4桁4行と5桁3行の数字が表示できるものである。操作盤は計測部に置き、遠隔操作である。実験状態表示装置を写真 5-6 に示す。

5-15-6 屋上フロア

計測機器の積込み、積降し作業およびホイストの点検修理作業を安全に行なうために、ホイストレールの周りに屋上フロアと手摺りが設けられており曳引車北側の床上から梯子によって昇降する。

5-15-7 絶縁ネット

トロリー線の下方に当る東・西縦桁の上面に絶縁ネットを張り、通路床における作業の安全をはかった。

5-15-8 曳引車への昇降梯子

実験準備揚床より曳引車の床までの高さは約 1.7 m である。曳引車後方に手で軽く上げ下げのできる軽合金製の梯子を設けた。梯子の降りている間は曳引車は起動できないようにインターロック結合がなされている。

5-15-9 移動のできる階段

飛行場におけるタラップ式の移動可能な階段で、曳引車へ重い計測具を持ち込む場合に使用するものである。

5-15-10 電話

曳引車と計測事務室、曳引車と造波機操作室との間をトロリー線を使用して相互通話ができるよう電話を設けた。これは一般電話とも接続することができる。

5-15-11 手摺り

曳引車上の床、および屋上フロアにそって高さ約 870 mm の金属パイプによる手摺りを設け、作業、通行の安全を計った。

5-15-12 その他の艤装品

上記のほかつぎのような艤装品が備えられた。計算台、計測台、椅子、ロッカー、計器柵、レール掃除器、

消火器、救命ブイ、電気ヒータ、拡声装置、電気掃除機、扇風機、掛時計、気圧計、湿度・温度計、蛍光灯スタンド、等。

5-16 塗 装

下地処理、下塗り錆止め、上塗り化粧塗装の順で行なった。下地処理はデスクサンダーによりルーズミルスケール、青錆等を落とす。下塗り錆止めは鉄面用の速乾性メタルプライマーにより2回塗りを行ない4時間余りの自然乾燥を行なう。上塗り化粧塗装は日本ペイント(株)のポデラック1000級、塗色はマンセル記号2.5BG 6/6.5 のものを2回塗りして自然放置乾燥とした。なお危険部分は黄色と黒色の縞模様の塗装を行なった。

5-17 補助台車

補助台車は、連結桿で曳引車の前方に一定間隔を保って曳引車と連結され、曳引車の動力によって走行する。補助台車には曳引車前部横桁上の計測レールと対になる計測レールが1条取付けられ、操縦性能試験等水槽幅方向に移動する対象物についての試験を行なうことができる。また、水槽の水面掃除を行なう場合も補助台車を使用する。その他、造波板と造波板の駆動桿との連結などにも使用する。将来は自走できるように計画中である。

5-17-1 主構造・使用材料

図 5-28 に示すように、曳引車と同じく、STK 41 による鋼管トラス桁にし、断面は2等辺三角形である。

5-17-2 曳引最高速度

曳引車との連結桿の取付剛性とか、走行時の補助台車の横振れなどを考慮して補助台車の曳引最高速度を一応 6 m/sec とした。

5-17-3 サドル部

図 5-28 に示すとおりトラス桁の両端にサドル部を設けそれぞれ2個の車輪を収納し、東側サドル部の前後に1組づつガイドローラを取付けた。車輪とガイドローラは曳引車と同一のものを使用し曳引車用部品の予備を兼ねている。また、曳引車と同様に、東西両側前後に脱線防止金具も取付けられている。

5-17-4 主要寸法等

補助台車の主要寸法等は大要表 5-7 に示すとおりである。

表 5-7 補助台車の主要寸法等

幅 (部材芯間)	18,540 mm
長さ (")	3,000 mm
高さ (")	2,800 mm
ホイールベース	2,300 mm
基準水面より桁下弦材(芯)までの高さ	975 mm
曳引最高速度	6 m/sec

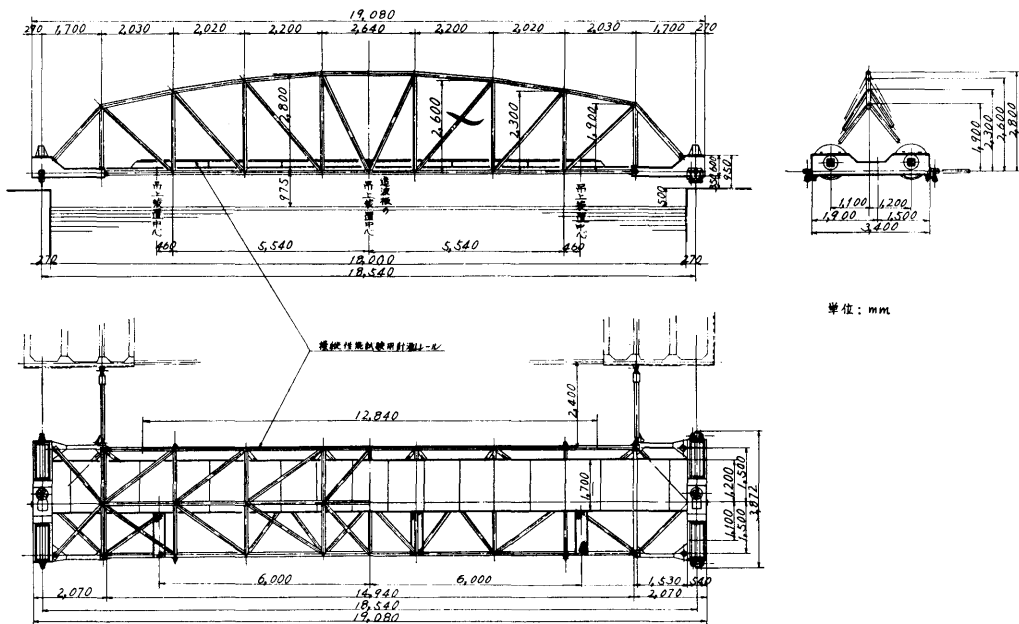


図 5-28 補助台車の構造図

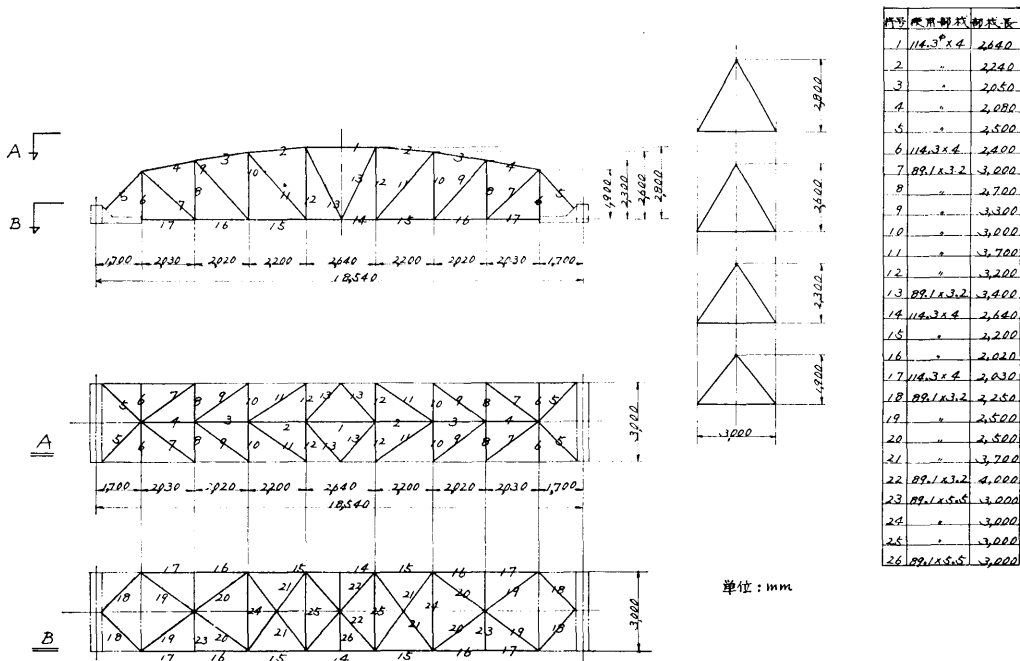


図 5-29 補助台車の部材寸法図

5-17-5 強度計算

設計条件 速度：0~6m/sec

最大減速度：0.4g (補助台車には制動装置はもたない)

荷重 鉛直荷重：自重+造波板支持荷重 (620kg×3)+搭載計器の集中荷重 (中央部 1 ton)

水平荷重：制動によるもの。自重×0.4g
走行時横振れによるもの。自重×0.1g (これはガイドローラに掛かる)

撓み 1トンの計器を中央部に集中荷重として搭載したとき、この荷重による中央部の撓みを 3mm 以内にする。

荷重係数 曳引車の場合と同じ数字を用いた。

このような条件で計算し、決定した部材寸法を図 5-29 に示す。

5-17-6 連結棒

図 5-28 に示すように補助台車後方の東西両側に、それぞれ 1本の連結棒が取付けられている。連結操作は、曳引車側に設けられている接続具により極めて簡単に行なえる。連結棒の収納もきわめて簡単である。連結棒の長さは補助台車・曳引車の操縦性能試験用計測レールの間隔を精密に調整できるように微調整装置

が取付けてある。

5-17-7 クランプ

サドル内に、レールをはさむ方式のクランプ装置が設けられており、これはサドル上のハンドルにより操作することができる。連結棒を曳引車に結合した場合は、クランプのためのハンドル操作がおこなえないようになっている。

5-17-8 操縦性能試験用計測レール

主桁の後部下弦材を利用して取付けられた。これは 5-9-3 に記した曳引車側に設けられている同レールと一対をなして使用されるものである。本レールについてのその他の事項は 5-9-3 を参照。

5-17-9 水面掃除器

図 5-28 に示すように主桁の前部下弦材を利用して水槽幅にわたって射水用のノズルが多数取付けられている。補助台車の床上に 2 台のポンプが設けられ、ポンプからこれらのノズルへ給水配管がなされている。補助台車は曳引車によって水槽北端より南端へ押し進められ、ノズルによる射水によって水槽表面に浮遊する微細なゴミ、パラフィンクス、油脂粒等を清掃しながらこれらを水槽南端に集める。水槽南端には、水面清掃用の排水溝 (長さ 18m) にほとんど水面に接する位置に設けられていて、この排水溝の端部はドレイ

表 5-8 水面掃除器の要目等

ノズル	ポンプ	ドレインポンプ
水面との傾斜角 45°	モーター	モーター
ノズルから水面までの距離約 3m	220 V 3φ 750 W	220 V 3φ 1.5 kw
噴口形状 90° の楔切込み	口径 1 1/4 B	口径 80 mmφ
水圧 1 kg/cm ²	揚水量 59 l/min	揚水量 0.5 m ³ /min
水量 7 l/min	揚程 35 m	揚程 4 m
個数 16ヶ	個数 2台	個数 1台

ンポンプに接続されている。水槽南端に集められた浮遊物汚水は排水溝に押しやられ、ドレインポンプによって屋外に排出される。水面掃除は毎朝実験前に行なわれるので作業操作一切が極めて簡単に行なえるようになっている。

ノズル、ポンプ、ドレインポンプの要目等は表 5-8 のとおりである。なお、ポンプの電源は曳引車より供給される。揚水は水槽水である。

5-17-10 電源、照明、床張り、塗色

電源は曳引車の補助台車給電用コンセントからケーブルで取るようになっており、補助台車上に分電盤が設けられている。分電盤は 1φ100 V 50 A であり 10 ケのコンセントと蛍光灯に接続されている。220 V のポンプ用電源は、曳引車の同専門コンセントからケーブルで取るようになっている。

照明は 40W と 20W の蛍光灯を使用し床上で 100 ルクスになるように、主桁上弦材に取付けられた。

床張りは図 5-28 に示す配置であり、床張り材等についての詳細は 5-10 の曳引車床張りと同様である。

塗装は 5-16 で示した曳引車の塗装と同様である。

5-18 試験成績

試験成績としては、製造者の社内における中間検査によるものと、完成時検査によるものがある。

5-18-1 中間検査

主なものを挙げるとつぎのとおりである。項目だけを記し、内容は省略する。(参考文献：浦賀重工 KK 提出の曳引台車および艀装品に関する検査成績書第 1 分冊 昭和 41 年 9 月)

5-18-1-1 材料試験(引張、硬度、屈曲、衝撃等)と化学組成分析

つぎの部品材料について行なった。

ギヤールム、ピニオン、車輪軸、十字型ボギー支持軸、車輪、ガイドローラ、ガイドローラ軸。

5-18-1-2 疲労試験(繰返し回転曲げ)

つぎの部品材料について行なった。

ガイドローラ軸、十字型ボギー支持軸、車輪軸、ピニオン、ギヤールム

5-18-1-3 摩耗試験

つぎの機構あるいは部分について行なった。

レールと車輪(転がり摩耗)

ガイドローラとレール(すべり摩耗)

ギヤールとピニオン(転がり、すべり摩耗)

5-18-1-4 歯車検査

ギヤールとピニオンについて主として累積ピッチ誤差を検査した。

5-18-1-5 駆動部構成部品の全般的な寸法検査

5-18-1-6 車輪焼入れ後の硬度試験

5-18-1-7 駆動部の組立て精度検査

車輪振れ、車輪平行度、ギヤール振れ、ピニオン振れ、歯当り、バックラッシュ、ボギーのピッチング、ヨーイングの動きうる大きさ等について調べた。

5-18-1-8 駆動部の無負荷運転試験

ステップ状に回転数を上げ下げしながら、異常音の有無、潤滑油のまわり具合、軸受部等の異常温度上昇の有無、振動の有無、回転数と電流の関係等について調べた。

5-18-1-9 球継手部の溶接検査

球継手部は 30ヶ所に対して 1ヶ所の割合で「カラーチェック」を行なった。

5-18-2 完成時検査

完成時検査は、組立て精度、撓み計測、重量計測等の静的検査と各構成部分の動作、機能の調査、振動測定、スリップ測定等の動的検査に大別される。以下この 2つの種別に分け、詳しい内容については省略するが、代表的な項目とその主な結果を示す。

5-18-2-1 静的検査

(1) 駆動部の組立精度検査

主として、車輪の垂直度、平行度、ガイドローラとレールの間隔等について調べたが 5-6-4 に記した組立て精度内に納まった。計測用具は、ピアノ線、

マイクロメータ、厚さゲージ等である。

- (2) 計測器取付け用レールに集中荷重を搭載したときの撓み量

上記レールの中央部に 1 ton, 2 ton, 3 ton の集中荷重をのせ、荷重点の撓みをダイヤルゲージで計測したがその結果は、3 ton に対して 2.0 mm (設計予想値 2.75 mm) であった。

撓み計測についてはこの他に、計測部補助桁、補助台車においても行なったが、いずれも満足すべき状態であった。

- (3) 重量計測

抵抗試験用、あるいはプロペラ単独性能試験用動力計等の計測器取付け用レールに集中荷重となるような計測機器は搭載せず常備重量と考えている状態で重量計測を行なった。

計測方法はロードセル (計測精度 $\pm 3\%$) 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なった。

その結果、1 駆動部当りにかかっている荷重はつぎのとおりであった。

東北部ボギー	13,509 kg
東南部 "	12,222 "
西北部 "	13,693 "
西南部 "	12,866 "

一番重い個所と、一番軽い個所の荷重差は 1,471 kg (設計予想値 771 kg)、曳引車常備重量は 52,290 kg (目標値約 50 トン) であった。

この結果にもとずき重心位置を求めると、曳引車中心よりそれぞれ西側へ 0.084 m、後方へ 0.296 m (設計予想値西側へ 0.19 m、後方へ 0.04 m) となった。

- (4) 曳引車の前後方向の中心線についてのチェック。

規準レール (東側) の頭部側面 (ガイドローラが接する面) をもとにして、曳引車の前端と後端のそれぞれの中央部にマークされている組立て規準の中

心線を規準尺でチェックした結果、前端と後端における計測値の差は 0.1 mm であった。

- (5) 計測器取付け用レールの諸精度

水平度：レールの側に水準溝を設け、この水面とマイクロメータを使用して計測した。その結果は最高点と最低点の差は 0.43 mm であった。

真直度：ピアノ線と規準尺によって計測した。凹凸の最大差は 0.2 mm であった。

平行度：本レールは曳引車縦中心線から両側等距離の位置に配置されるので、計測は、曳引車縦中心線から本レールの内面までの距離を規準尺で測定した。

距離の最大差は 0.2 mm であった。

同様の調査は、操縦性能試験用計測レールについても行なったが、満足すべき状態であった。

5-18-2-2 動的検査

- (1) スリップ試験

乾いた布でレール頂面を拭いてから行なった。その結果の例を表 5-9 に示す。

車輪の番号は東側、西側とも北から南へ 1~4 とつけた。

スリップ量には、駆動電流の投入時のオーバシュートによるものも含まれていると思われる。上記のオーバシュートの量は設定トルクの 5~10% であったが、その後の改良により現在はこのオーバシュートは殆んどない。

- (2) 滑走試験

走行抵抗を求めるために行なった。結果は表 5-10 のとおりであった。

- (3) 走行中の振動計測

アスカニヤ振動計を用いて走行中の曳引車の振動を計測した。その結果の 1 例を表 5-11 に示す。

- (4) 強制制動試験

空気溜容量のチェックとして、連続 5 回使用後の空

表 5-9 スリップ試験結果

(単位：mm)

設定加速トルク (%)	加速度 (g)	初速度 (m/s)	東 側 車 輪				西 側 車 輪			
			1	2	3	4	1	2	3	4
70.2	0.06	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0
84.0	0.07	—	1.0	1.0	4.5	5.5	2.5	2.5	0	0
101.5	0.08	—	10.7	10.5	63.0	62.5	3.5	3.5	0	0
112.0	0.09	—	36.0	36.0	458.5	458.5	3.5	3.5	1.5	1.5

表 5-10 滑走試験結果

速 度 (m/s)		滑 走		減 速 度 (g)	進 行 方 向
初 速	終 速	距 離 (m)	時 間 (sec)		
2.58	0	75.38	64.8	0.00406	南 進
2.58	0	77.1	62.8	0.00411	北 進
6.10	2.315	250	62.0	0.00623	"
6.21	2.79	230	54.6	0.00637	南 進

表 5-11 走行中の振動計測結果

計 測 個 所	曳引車中央部計測器取付け用レール上										
	南 進										
曳引車進行方向	南 進										
曳引車速度 (m/sec)	0.3	0.5	1	2	3	4.5	6	8	10	12.5	
振 動 方 向	上 下										
振 動 数 (Hz)	0	0	0	—	—	13	12	19	10	20	
	0	0	0	—	—	0.03	0.02	0.03	0.07	0.08	
振 動 幅 (mm)											

表 5-12 強制制動試験結果

速 度 (m/sec)	設 定 減 速 度		停 止 ま で の		減 速 度 (g)	進 行 方 向
	(g)	空 気 圧 力 (kg/cm ²)	距 離 (m)	時 間 (sec)		
1.025	0.25	5.78	1.85	2.2	0.09	南 進
3.08	"	"	6.45	3.2	0.14	北 "
4.63	"	"	13.2	4.2	0.15	南 "
6.21	"	"	23.46	5.8	0.16	北 "
8	"	"	39.1	7.2	0.15	南 "
10	"	"	49.35	8.8	0.15	南 "

気圧力を計測した結果、5.7 kg/cm²であり最低作動圧力の 5.5 kg/cm² を確かに上まわっていた。また入れ込み、切り放し各圧力も確認した。また本制動装置に関連した各種のインターロック回路の作動を確認した。本試験の結果の1例を表 5-12 に示す。なお、上記試験は、強制制動だけを作動させたものである。減速度は加速度計を使用して計測した。

上表からわかるとおり、本試験時では、かなり制動力が不足していた。制動シリンダーの出力は計画値に近い出力を出していたのでこの原因は摩擦係数の不足によるものと思われた。そこで制動シューを摩擦係数の高いものにとりかえるとともに、制動シリンダー出力も安全限界内で増圧した。シューの“当り”、“なじみ”がよくなった現時点では殆んど設計減速度に近い制動力を得ている。

(6) 非常制動試験

本試験は速度 5.8 m/sec までの速度範囲で行なわれた。試験結果の1例を表 5-13 に示す。

表 5-13 非常制動試験結果

速 度 (m/sec)	停 止 ま で の		水 圧 抵 抗 力 (kg)	減 速 度 (g)
	距 離 (m)	時 間 (sec)		
3.05	14.46	8.3	852	0.09
4.63	23.38	10.6	1,953	0.12
5.8	28.59	10.2	3,500	0.16

この表中、水の抵抗力は非常制動シリンダー内の水圧を計測して求めた値であり、東西両シリンダーの水圧の平均値である。減速度は曳引車に加速度計を取付けて計測した値であり、この減速度の中にはスプリング制動による減速度が含まれている。なお、水の抵抗力と減速度は制動作動初期のピーク値を除く定常値である。

5.8 m/sec までのデータをもとにして、15 m/sec までの減速性能をアナログ計算機を用いて計算した結果、進入速度 15 m/sec のとき、減速度は定常値とし

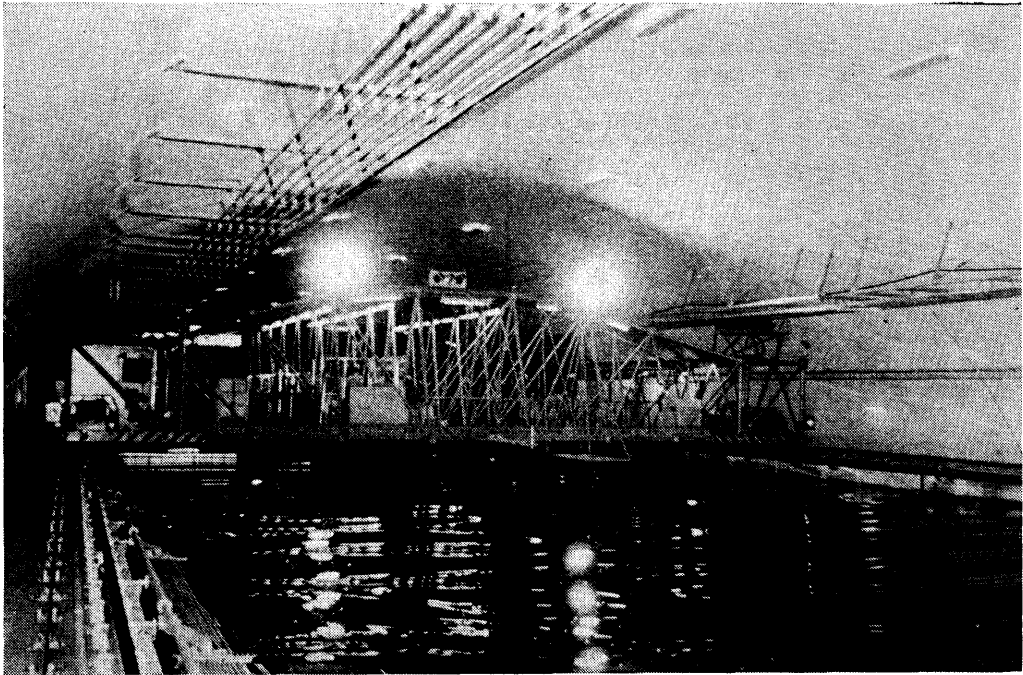


写真 5-7 曳引車 外観

て 0.44 g が作用し 29 m で停止することが確かめられた。

なお、進入速度 15 m/sec のとき、ワイヤロープには初期のピーク値として 11.5 ton の引張力がかかるが、ワイヤロープの破断荷重は 34.5 ton であるから強度上からも問題がないことを確かめた。

(7) スプリング制動試験

試験結果の 1 例を表 5-14 に示す。

減速度の計測は、他の制動試験における場合と同様である。

完成した曳引車の外観(南より見る)を写真 5-7 に示す。

表 5-14 スプリング制動試験結果

速 度 (m/sec)	停止までの		減速度 (g)
	距 離 (m)	時 間 (sec)	
2.05	8.06	6.8	0.04
4.63	35.53	14.4	0.04
6.0	59.0	18.6	0.04

6. 動力装置および曳引車速度制御装置

6-1 受変電設備

本試験水槽で使用する電力は所内中央変電所から地
(160)

下ケーブルにより 3.3KV で配電される。水槽棟北端地下の主動力室に 2,000 KVA の受変電設備があり、曳引車走行用、模型製作工場用、水槽棟北部および研究棟用の電力を供給する。水槽棟南端の造波装置機械室には 500 KVA の受変電設備があり、造波装置用電力および水槽棟南部用電力を供給する。曳引車走行用電力をワード・レオナード方式で供給する場合は負荷継続時間が非常に短かいので、ワード・レオナード発電機駆動用誘導電動機はほとんどの時間無負荷運転となり、受電設備の電力力率が悪化する。このため、通常は進相コンデンサを設置して力率の改善をはかるが、所内中央変電所が力率の集中管理をしているので本試験水槽では進相コンデンサを設置しなかった。停電のとき動力用電源はしゃ断して停電回復時の動力の再起動を防止したが、一般用電源は即時回復するように主回路しゃ断器はコンデンサトリップとし、その変圧器をパワーフェーズで保護した。

6-1-1 水槽棟北端主動力室受変電設備

図 6-1 の単線図に示される機器が水槽棟北端主動力室に設置されている。その主なものは 2,000 KVA の受電盤、曳引車走行用の 750 V, 480 KW の直流発電機 2 基とこれを駆動する 3.3KV, 1,200 KW の誘導電動機、直流発電機保護用のしゃ断容量 50 KA の直

流回路しゃ断器である。そのほか 1,200 KW の誘導電動機の起動時における幹線へのじょう乱を軽減するために、補償起動方式を採用したので、電動機主回路しゃ断器とともに起動補償用しゃ断器および起動用変圧器がある。さらに模型製作工場等の動力用電源として 3

相、3.3 KV : 220 V、500 KVA の変圧器が設置され、模型製作工場、曳引車(補助用)、給排水設備、暖房機等に使用される。水槽棟北部、工場棟および研究棟の一般用電源として、3.3 KV : 110/220V、200 KVA の単相 3 線式変圧器が設置され、計算機用電源としては 3.3

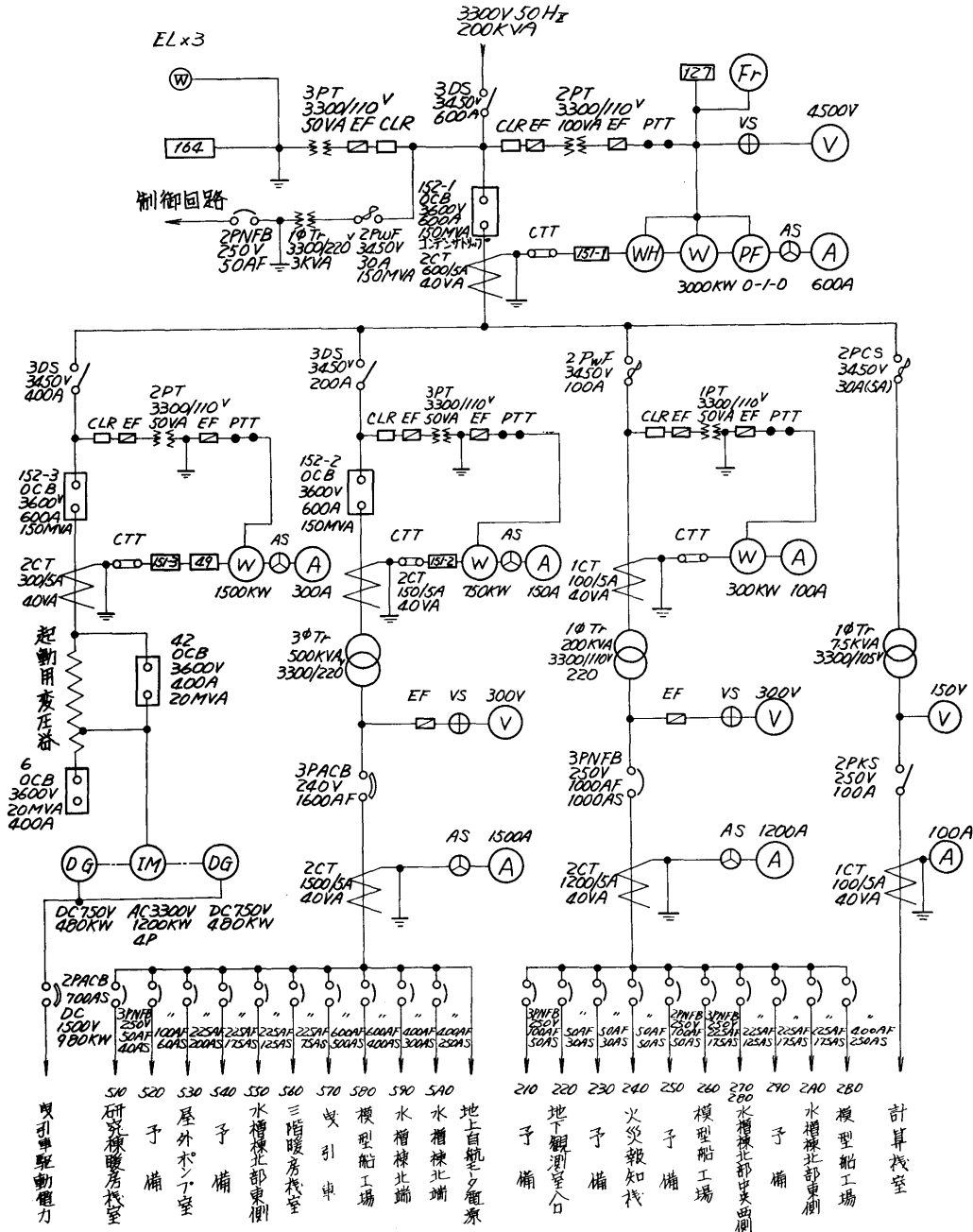


図 6-1 水槽棟北部動力室変電設備単線図

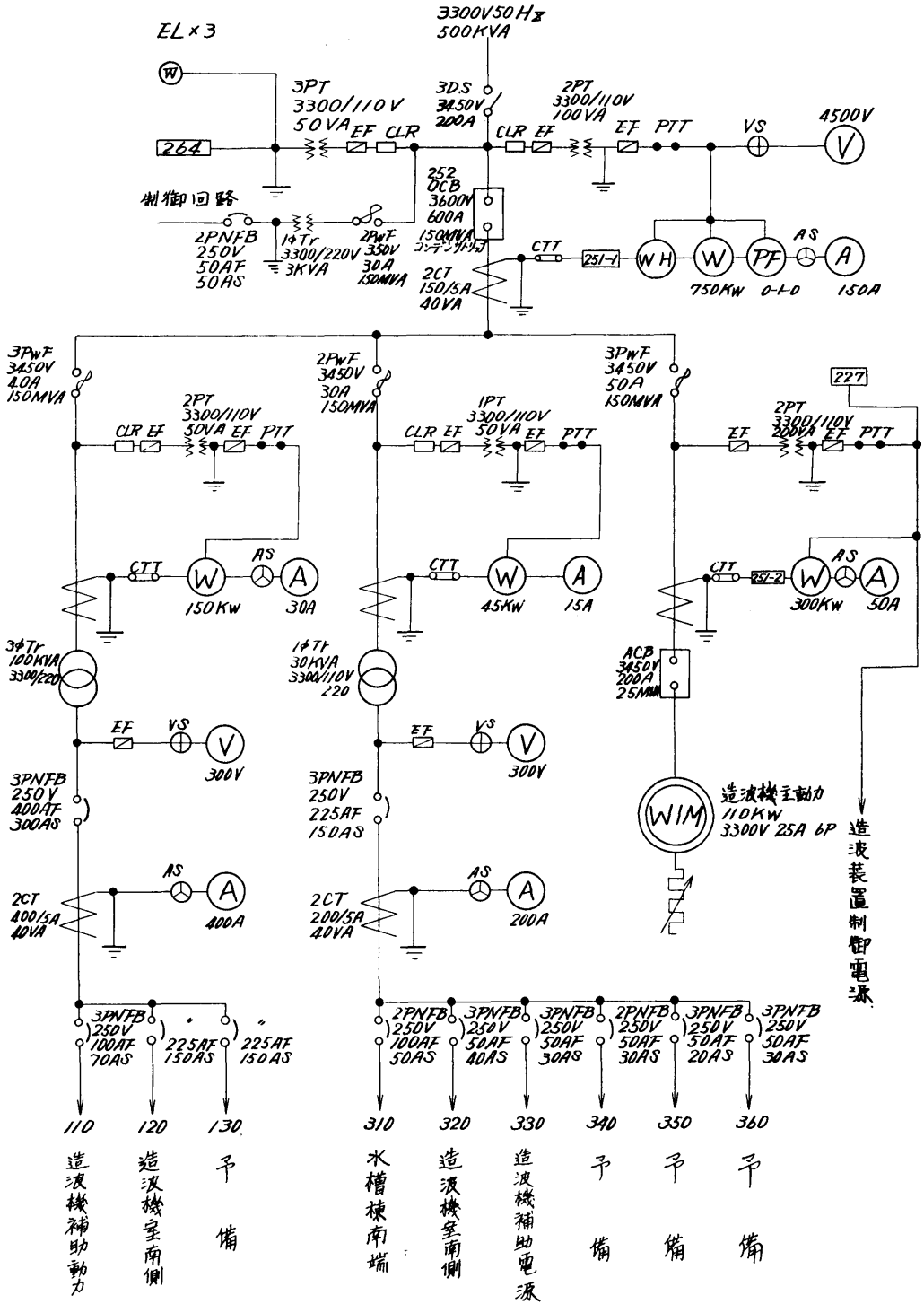


图 6-2 造波装置機械室受變電設備單線圖

KV : 105 V, 7.5 KVA の単相変圧器が、工場等よりの電源じょう乱を軽減するために、一般電源とは別に設置されている。

6-1-2 造波装置機械室受変電設備

図6-2の単線図に示される機器が水槽棟南端の造波装置機械室の一隅に設置されている。その主なものは500 KVA の受電盤、造波装置主動力用の110 KW 巻線起動型誘導電動機、同上用主回路気中しゃ断器および起動機である。また、水槽棟南部動力用として3相3.3 KV : 220 V, 100 KVA の変圧器が設置され、水槽棟南部暖房機、水槽棟南端のホイストおよび造波装置補助動力等に使用される。水槽棟南部の一般用としては3.3 KV : 110/220 V, 30 KVA の単相3線式変圧器が設置され、一般用のほか造波装置制御用としても使用される。

6-1-3 曳引車補助電力

曳引車補助電力は曳引車上の照明、計測器、計算機および曳引車の速度制御装置用等の電力である。当初は220 V の工場用動力線からそのままトロリー線を介して曳引車に送電する予定であった。しかし付録A3-1に示すようにトロリー線による電圧降下が大きく、曳引車が水槽を移動する位置によって電圧変動が大きいたことが予想されたので、別個の変圧器で220 V を600 V に昇圧してトロリー線に送電することとした。したがって曳引車上にも3相210 V, 60 KVA および3相105 V, 50 KVA の変圧器を搭載して3相200 V, および単相100 Vを得るようにした。なお、トロリー線の電圧が高いほど電圧変動は小さくなるが、これを600 V に選んだ理由は市販の低圧用電気器具の規格が最高600 V となっており、また600 V に昇圧すれば電圧変動を許容値に押えることができたためである。

6-2 曳引車走行用動力

水槽用曳引車の定速走行中は、ほぼ理想的に平坦に敷設された走行用レールの上を等速度で走行するので走行抵抗は非常に小さい。また風圧抵抗等が問題となる速度は主として10 m/sec 以上であり、本曳引車の風圧抵抗値は、模型の風洞試験結果によると、15 m/sec の速度で約610 kg と推定される。しかし曳引車を加速する場合の動力はこの風圧抵抗等に打ち勝つための動力と、曳引車の加速に要する動力の和であり、15 m/sec の速度まで加速する場合(0.1 g)には後者は前者の約7倍である。

6-2-1 曳引車の車輪とレールの摩擦係数

曳引車が加減速するときに車輪がレールを滑らない

条件は次式で示される。

$$\mu W_c > \left| \alpha \frac{W_c}{g} + (R_w + R_r) \right| \quad (6-1)$$

ここで μ は曳引車車輪とレールの間の摩擦係数、 W_c は曳引車の重量 (kg)、 α は曳引車の加速度 (m/sec^2) (加速の場合は正、減速の場合は負となる)、 g は重力の加速度 ($9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$)、 R_w は曳引車の風圧抵抗と曳引模型の抵抗の和 (kg)、 R_r は曳引車の転動摩擦抵抗 (kg) である。曳引車の重心が曳引車の中央にないと車輪によって重量の配分が異なる。もし、箇々の車輪のトルクが均一であるとすると重量分担の軽い車輪は他の車輪より小さい加速度でスリップし、この車輪は以後加速にほとんど寄与しないので、曳引車はこの加速度より大きい加速度で加速することはできない。したがって、ゴムタイヤ、ワイヤドライブ等の特殊な方法によらないで曳引車の加速度を大きくするには、全車輪を駆動輪とし、しかも各車輪の分担する曳引車重量をなるべく均一にする必要がある。

曳引車の加速中の運動方程式は次式で表わされる。

$$F = F_c - \alpha \frac{W_I}{g} = \alpha \frac{W_c}{g} + R_w + R_r \quad (6-2)$$

ここで F は車輪とレールの間に働く水平力 (kg)、 F_c は駆動機のトルクを車輪の周囲の水平力に換算した力 (kg)、 W_I は駆動用回転系の回転モーメントを曳引車の重量に換算した値 (kg) とし、 α 、 g 、 W_c 、 R_w および R_r は (6-1) 式で定義されたものと同一とする。

(6-2) 式から

$$F_c = \alpha \frac{W_I + W_c}{g} + R_w + R_r \quad (6-3)$$

および

$$F_c = F + \alpha \frac{W_I}{g} \quad (6-4)$$

を得る。

曳引車の速度の増加につれて R_w が増加し、駆動機のトルクは一定となるように制御されていて F_c が一定であるとする、(6-3) 式により加速度 α が減少する。また (6-4) 式により F も増加する。しかし最高速度において R_w が F_c の10%程度とすれば高速時の α は低速のときより10%程度減少する。また W_I を W_c の10%程度とすれば F の増加は1%程度である。したがって駆動機のトルクを一定になるように制御すれば車輪とレールの間に働く水平力はほぼ一定となる。なお、駆動機のトルクの制御精度も通常的方式では1%内外であることが多い。以後の説明で W_c' は W_c と W_I の和を示すものとする。

6-2-2 曳引車の駆動動力

曳引車の最大駆動動力 $P_{o\max}$ (watt) は曳引車が最大加速度で加速し、最高速度に達する瞬間のみに消費される。その値は次式で表わされる。

$$P_{o\max} = V_{o\max} \left\{ \alpha \frac{W_o'}{g} - (R_w + R_r) \right\} g$$

$$\leq V_{o\max} \cdot W_o' \cdot \mu \cdot g \quad (6-5)$$

ここで、 $V_{o\max}$ は曳引車の最高速度 (m/sec) である。曳引車の定速走行時の所要動力は、(6-5) 式の α が 0 になるので、最大駆動動力より大幅に減少する。減速時に曳引車の運動エネルギーを何らかの形で吸収せねばならないが、たとえば駆動モータにより電力回生制動を行なうとエネルギーの損失を少くしうる。減速時の駆動モータの吸収トルクと加速時の発生トルクの絶対値が相等しければ、風圧抵抗等は減速を助けるので、結果として減速度は加速度に比べてやや大きくなる。したがって、駆動機としては下記の特性を有する一定電流で励磁された直流分巻モータを使用することが適当であると考えた。

- (1) 電機子電流の方向が変わると駆動モータは発電機となってトルクを吸収し、容易に回生制動をかけることができる。
- (2) 電機子電流が一定となるように制御すると回転速度にほぼ無関係に駆動トルクまたは吸収トルクの値が一定となる。
- (3) 電機子電圧を制御することによって、回転速度の制御が可能である。

なお、本曳引車では駆動輪は 8 個、駆動モータは 4 台で駆動モータ 1 台に対して車輪 2 個が結合され、曳引車重量は両車輪に等分に分配されるようにしてある

(5-6-2 参照)。4 台の駆動モータの各界磁を直列に接続して電機子電源とは別個のサイリスタ方式の直流定電流電源により励磁し、また、各電機子も直列に接続して個々のモータの駆動トルクおよび吸収トルクの均一化をはかっている。駆動モータの電機子電源にはワード・レオナード方式を採用した。この理由は減速時に電機子電流を反転させて回生制動を行なうことが容易であり、また、この曳引車の設計当時(昭和 39 年)、半導体による静止レオナード方式に多少の危惧が持たれたからである。

本曳引車の駆動動力は、 $V_{\max}=15$ m/sec, $\mu=0.1$ (文献 (13) 参照), $W_o=50,000$ kg, $W_r=5,000$ kg とすると $P_{\max}=V_{\max} \cdot W_o' \cdot \mu \cdot g=808,500$ (watt) となる。

6-2-3 駆動モータの定格

水槽曳引車に使用する駆動機が最大出力を出す時間は瞬時である。また最大トルクを継続する時間もきわめてわずかで、本水槽曳引車が最高速で走行する場合でも約 31 秒である (付録 A-3-3 参照)。したがって、モータ定格については通常の呼称とは異なった考え方をする必要がある。一般にモータには大きさを示す枠番号があり駆動モータの回転速度、最大トルクの継続時間および繰返し時間間隔が与えられればこれに適する最小の枠番号が定まる。曳引車は停止および低速走行の時間が長い、モータの界磁電流を常時流している、これより発生する熱をモータ軸に固定したファンだけで完全に冷却することができず、通常はモータの熱容量を大きくするために、1 段階大きい枠が使用される。しかし本水槽曳引車の駆動モータは、別の補助モータ付ファンで冷却を行なうことにより、枠番号を上げる必要がなくなったので寸法および重量を減

表 6-1 駆動用動力装置一覧表

	曳引車 駆動モータ	直 流 発 電 機	発電機駆動用誘導モータ
台 数	4 台 (直列)	2 台 (直列)	1 台
形 式	閉鎖形直流分巻	閉鎖形直流分巻	閉鎖交流誘導かご形
冷 却 方 式	強制通風	自己通風	自己通風
定 格 出 力	210 kw (1 台につき)	480 kw (1 台につき)	1,200 kw
定 格 回 転 数	1,800 rpm	1,460 rpm	1,460 rpm
定 格 時 間	60 秒 (10 分毎)	60 秒 (10 分毎)	1 秒 (10 分毎)
電 機 子 電 圧	360 V (1 台につき)	750 V (1 台につき)	(電源電圧 3,300 V)
絶 縁	B 種	B 種	B 種
界 磁	他 励	他 励	—
付 属 品	冷却用電動送風機	—	補償起動用設備および電源しゃ断設備

らすことができた。

直流モータは回転速度が高い程（4~5,000 rpm 迄）小型軽量となるが、歯車等を用いた減速装置が必要となる。しかし速度制御上は、歯車のバックラッシュによる不感帯を小さくするために歯車減速はせいぜい1段程度に止める必要がある。駆動車輪の直径は強度上からは大きいことが望ましく、1段減速歯車の取り得る減速比にも限度があるので、この面からは駆動モータの回転速度をあまり高くすることはできない。以上のことを考慮した結果駆動モータおよびワード・レオナード電動発電機の仕様を表6-1のように決定した。なお電機子電圧の決定に関しては6-3-1を参照されたい。写真6-1に曳引車駆動モータ、写真6-2に曳引車駆動用ワード・レオナード電動発電機を示す。

6-3 曳引車速度制御系の仕様

曳引車速度制御系の応答速度はできるだけ速いことが望ましいので、系の各構成要素に対して検討を加え、各々の時定数ができるだけ小さくなるようにした。その結果、速度制御系のしゃ断周波数は約 3Hz となった。また速度安定度についても検討を加え、実用上満

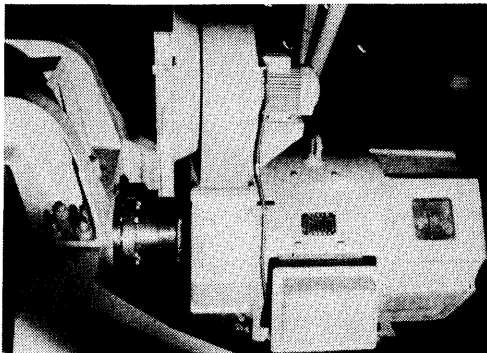


写真 6-1 曳引車駆動用モータ

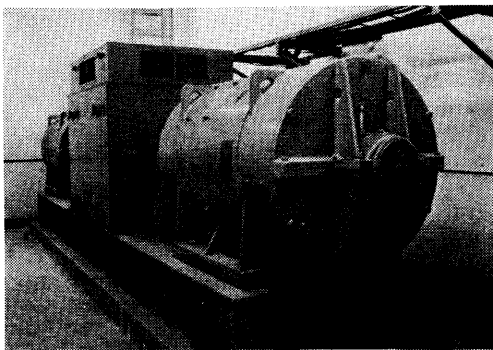
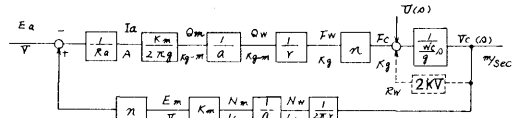


写真 6-2 曳引車駆動用ワード・レオナード電動発電機



- R_a : 電機子回路抵抗 (0.365 Ω)
 - K_m : モータの電動機定数 (1.2 V/dec)
 - g : 空转の加速度 (9.8 m/sec²)
 - a : モータ車輪への減速比 (1/6)
 - r : 車輪の半径 (0.475 m 程度)
 - n : モータの台数 (4 台)
 - $U(s)$: 曳引車の走行抵抗外力 (kg)
 - W_c : 曳引車の重量 (55,000 kg)
 - A : テラパス演算子
 - E_a : 発電機の発生電圧 (V)
 - I_a : 電機子回路電流 (A)
 - Q : モータのトルク ($kg\cdot m$)
 - Q_w : 車輪のトルク ($kg\cdot m$)
 - F_w : 車輪の水平力 (kg)
 - F_c : 曳引車水平力 (kg)
 - $V_c(s)$: 曳引車の速度 (m/sec)
 - N_w : 車輪の回転速度 (1/sec)
 - E_m : モータの逆起電圧 (V)
 - R_w : 風圧抵抗 (kg)
- 破線に関しては図録 A-3-2 参照

図 6-3 曳引車駆動系のブロック線図

足すべき仕様を得た。

6-3-1 曳引車時定数の構成

図6-3に曳引車の駆動系のブロック線図を示した。ここで破線で示した部分は高速時のもので、低速時はこれを省略することができる。曳引車の低速時の時定数 T_c は次式で示される。ただし破線の部分は含まれないものとする。

$$T_c = \left(\frac{2\pi r a}{n k_m} \right)^2 \cdot W_c' \cdot R_a = \left(\frac{V_c}{n E_m} \right)^2 \cdot W_c' \cdot R_a \tag{6-6}$$

ここで、各記号は図6-3に含まれている。

上式から、曳引車の時定数は曳引車速度 V_c の駆動モータの逆起電圧の総和 nE_m に対する比の2乗に比例することがわかる。電機子回路抵抗 R_a は駆動モータおよび発電機の電機子回路抵抗およびトロリー線の太さと長さで決定される。曳引車重量 W_c は搭載物の増加によって当初の計画値を上まわることが多い（目白第1水槽 15t→17.7t, 本曳引車 50t→52.3t）。しかし、最高速度のときの駆動モータの電機子の電圧を高くすることは当初容易に計画でき、しかも他の要素より時定数減小に対し効果的である。以上のことを考慮した結果、曳引車の時定数は設計時点において2.2秒、完成後の実測値で約2.1秒となった。

6-3-2 外乱に対する曳引車の応答

図6-3の $U(s)$ を走行抵抗の外乱とすると曳引車の速度の応答 $V_c(s)$ は次式で示される。ただし E_a は一定とする。

$$V_c(s) = \frac{g}{W_c'} \cdot \frac{T_c}{1 + T_c s} \cdot U(s)$$

ゆえに外乱がたとえば曳引車上での人の移動等である

ときは、曳引車速度に対する影響は曳引車重量が大きい程小さく、時定数が大きい程大きい。外乱が進行方向に対するレールの傾斜による場合は、その傾斜角 θ が突然零から θ_0 に変化したときは

$$U(s) = \frac{1}{s} W_0 \sin \theta_0$$

$$V_0(s) = \frac{1}{s} g \sin \theta_0 \frac{T_0}{1 + T_0 s} \quad \therefore \lim_{t \rightarrow \infty} V_0(s) = T_0 g \sin \theta_0$$

$$\frac{d}{dt} V_0(s) = \frac{1}{s} g \sin \theta_0 \frac{T_0 s}{1 + T_0 s} \quad \therefore \lim_{t \rightarrow 0} \frac{dV_0(s)}{dt} = g \sin \theta_0$$

となり、曳引車速度の最終値はレールの傾斜角 θ_0 と曳引車の時定数 T_0 に比例する。曳引車の加速度の初期値はレールの傾斜角 θ_0 のみ比例し時定数には無関係となる。高速走行時においては風圧抵抗が増加するために曳引車の時定数は低速走行時よりも減少する。しかし付録 A-3-2 によると、曳引車が 15 m/sec で走行する場合の時定数でも、低速走行時に比べてわずかに 3% 減少する程度である。したがってこの影響による速度制御系への影響はほとんど無視できる。

6-3-3 発電機の時定数

発電機の時定数は界磁インダクタンスと界磁回路抵抗の比に等しい。また界磁の強さは界磁コイルの巻数と界磁電流の積にほぼ比例し、界磁インダクタンスはほぼ界磁コイルの巻数の 2 乗に比例する。したがって界磁コイルの巻回数をへらして界磁電流を大きくし、さらに界磁回路抵抗を高くして界磁電源電圧を高くした。以上の結果、レオナード発電機の界磁の計画時定数は発電機を 2 台直列に接続して 1.2 秒であった。

6-3-4 速度の安定度および速度の設定精度

文献(14)より導いた表 6-2 によると、同一曳引車速度で、駆動車輪と速度検出用パルス発生機との間の増速比をかえることにより、サンプル間隔を変えても速度の標準偏差はほとんど変化しない。また低速域では曳引車の速度が異なっても mm/sec で表わした速度の標準偏差はほとんど変化しない。高速域の速度の標準偏差が大きいのは解析されたデータに速度整定以前の現象を含んでいるからであろう。また文献(14)記載の曳引車速度変動のパワースペクトラムには駆動車輪の回転周期に等しい所に大きなピークがあったが、これは駆動モータと駆動車軸の間の歯車の平行度が悪いため、駆動モータが不整回転を行っていたものと考えられる。したがって表 6-2 の曳引車速度の標準偏差には駆動モータの不整回転による速度変動分が含まれている。以上のことから速度検出用に直径の小さい車輪を特設し、速度検出用パルス発生機を共通の軸に直結

表 6-2 速度、サンプル時間と標準偏差の関係

速度 (m/sec)	増速比*	サンプル時間 (m sec)	速度の標準偏差 (%)	速度の標準偏差 (mm/sec)
1	68 : 1	51.6	0.219	2.19
1	17 : 1	206.4	0.222	2.22
2	17 : 1	103.2	0.101	2.02
3	17 : 1	154.8	0.07	2.1
4	17 : 1	103.2	0.121	4.8
5	17 : 1	82.56	0.18	9

* 速度パルス発生器と駆動車輪の間の増速比

表 6-3 速度制御装置の仕様

	低 速	高 速
速度設定範囲	200 mm/sec ~ 5,999 mm/sec	6,000 mm/sec ~ 14,999 mm/sec
速度設定ステップ	1 mm/sec	5 mm/sec (1 mm/sec) ⁽⁵⁾
速度設定精度	±1 mm/sec	±5 mm/sec
速度安定度 ⁽¹⁾	1 mm/sec, r.m.s.	5 mm/sec, r.m.s.
応答時間 ⁽²⁾	2 sec 以下	2 sec 以下
残留加速度 ⁽³⁾	±1 × 10 ⁻⁵ g 以下	±5 × 10 ⁻⁵ g 以下
速度整定時間 ⁽⁴⁾	2.5 sec 以下	2.5 sec 以下
オーバーシュート	0 mm/s	0 mm/s

(1) 曳引車速度偏差の 2 乗平均値

(2) 定速走行時に曳引車にステップ状の 10 kg の走行抵抗外乱が加わったときから、残留加速度が表記以下になるまでの時間

(3) 定速走行時に許容される加速度

(4) 定速度投入装置が作動してから曳引車の残留加速度が表記の値以下になるまでの時間

(5) 括弧内は完成した同装置の値

することとし、上記の影響をさけるようにした。なお速度検出用車輪の不整回転による速度制御系への悪影響を防ぐために、この車輪の直径をできるだけ小さくして、なるべく速度制御系のしゃ断周波数以上で回転するようにした。

近來電子計算機と造波抵抗理論が発展し、理論計算値と実験値を比較するために走行速度が厳密に指定され、高精度の速度設定が要求されることが多くなった。このためにデジタル積分制御を加えて、速度設定精度を改善した。また模型船の抵抗試験の際、曳引車の残留加速度は抵抗計測値に誤差を生ずるので、抵抗試験の要求精度から残留加速度の値を表6-3のように決定した。

6-3-5 速度制御装置の仕様

速度制御方式として文献(14)、文献(15)と同様のデジタル速度制御方式に前項の諸方式を併用すれば、文献(14)の曳引車速度の安定度および設定精度を改善し得ると考え、表6-3の仕様を決定した。

本曳引車は最低速度から最高速度までの速度範囲が広く、その比は1:75にもおよび、速度に応じて使用目的も多少異なるので、速度範囲を低速と高速の2つに分けた。低速範囲は主として排水量型船型実験用とし、速度安定度および速度設定精度に重点をおき、高速範囲では高速を利用するため応答性に重点をおき、速度安定度および速度設定精度が多少悪くなることを許容した。

6-4 速度制御装置の詳細

速度制御装置は大別してデジタル速度制御演算装置とアナログ速度制御装置に分かれる。デジタル速度制御装置は速度を設定する信号と曳引車の速度とを比較して速度偏差のアナログ信号を作る。アナログ速度制御装置はこの信号を受けてワード・レオナード発電機を制御し速度を一定に保つ。デジタル速度制御演算装置は定速度投入のための制御を行ない、アナログ速度制御装置は、起動時の定トルク制御も行なっている。なお予備用として、アナログ速度制御装置のみによる速度制御も可能である。またアナログ速度制御装置の故障のときは、手動速度制御により運転が可能である。

6-4-1 共通部門

曳引車の起動、停止および走行方向の選択等はすべて曳引車上の運転操作盤で行なうことができる。図6-4に示すように、駆動モータ電機子回路には単極の電磁接触器があり、曳引車の起動停止の際にはこの電

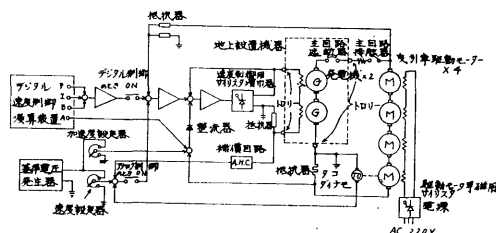


図 6-4 アナログ速度制御装置ブロック線図

磁接触器で主回路を開閉する。駆動モータ電機子はこの電磁接触器から断面積 170 mm² のトロリー線を通じて水槽北部動力室内の直流回路の気中しゃ断器、さらに発電機の電機子へ接続される。電磁接触器はしゃ断容量が小さいので駆動モータ電機子回路の保護は気中しゃ断器で行なっている。

発電機の界磁には断面積 50 mm² のトロリーを通して曳引車上の速度制御用のサイリスタ増幅器の出力が接続される。サイリスタ増幅器は出力電流の方向が可逆となるように結線されている。これは曳引車が回生制動で停止する直前の発電機の発生電圧を定速走行時の逆方向にする必要があるからである。サイリスタ増幅器のサイリスタの点弧角の制御にツーロン回路を用い、この回路には抵抗器またはトランジスタを使用した。

曳引車が起動する際に走行ボタンを押すと電磁接触器が投入され、サイリスタ増幅器が動作するので曳引車は走行する。停止ボタンを押すときには電磁接触器はすぐには動作せず、駆動モータの逆起電圧が零になったときに始めて電磁接触器が動作して主回路を開く。

駆動モータ界磁は曳引車上の駆動モータ界磁用のサイリスタ電源 (150~350 V, 16 A) によって自動的に定電流で常時励磁される。

トランジスタ類のほとんどはシリコントランジスタであって熱による破壊やドリフトを軽減している。

6-4-2 デジタル速度制御演算装置

デジタル速度制御演算装置は、曳引車に固定された速度検出用車輪に光電式パルス発生機を直結して、これにより曳引車速度に比例した周波数のパルスが発生させ、これを設定速度の補数がプリセットされたデジタルカウンタで一定時間計数するとデジタルカウンタの値はそのときの速度偏差を示す。この値をアナログ電圧に変換 (DA変換) してアナログ速度制御装置に速度偏差電圧として加える方式である。この方式によって回転計発電機から発生する雑音で初段増幅

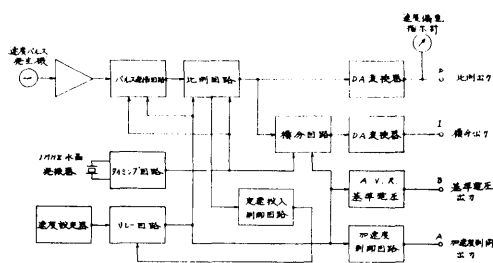


図 6-5 デジタル速度制御演算装置ブロック線図

器が飽和するおそれなしにループゲインを高くすることができた。図 6-5 にデジタル速度制御演算装置のブロック線図を示す。

速度検出車輪は曳引車の西側縦桁の空調室の床下に設置された直径 95.49 mm の車輪で、自重および付加重量（合計約 10 kg）で駆動車輪と同じ走行レールに圧着されて回転する。この軸には一周 750 個のスリットを持った円板が結合され、これの回転速度を光電的にパルスに変換して 1 m の走行に対して 2,500 個の、パルスが得られる。このパルスを増幅、整形してパルス通信回路で 16 倍に通倍し、クロックパルスに同期させ、比例回路にみちびく。クロックパルスは 1MHz で水晶発振器から発生させる。このクロックパルスをタイミング回路で分周して 25 msec 幅のゲート信号を作る。比例回路は 15,000 bit の容量のあるプリセットカウンタであって、各ゲート信号ごとに mm/sec 単位で表わされた設定速度の補数がプリセットされ、パルスを 25 msec のあいだゲートを通してプリセットカウンタで計数する。もし曳引車の速度が設定速度に等しくなれば、25 msec 後にゲートを閉じたときのプリセットカウンタの値は零となり、もし過不足があれば 1 mm/sec について 1 bit の過不足を生じる。このプリセットカウンタの下 2 桁（10進）のみを D/A 変換器でアナログ電圧に変換すれば、速度偏差が +9.9 mm/sec ~ -100 mm/sec の範囲内であれば速度偏差に比例した電圧を得ることができる（これを比例出力という）。しかし、速度偏差がこの範囲外のときは D/A 変換機の出力は飽和するようにしてある。（この範囲のことをリニア・バンドということにする。）ゲートを閉じてカウンタをリセットしてから再びゲートを開くまでの間に速度パルスがきても、これを一時別のレジスタに貯えて次のピリオドにカウンタに加算するので、速度の検出は常時連続に行なわれる。

デジタル速度制御演算装置を投入するときは曳引車の速度がリニアバンド内に入るようにしなければならない。このため駆動モータの電機子電圧を制御する定電圧装置がアナログ速度制御装置に含まれている。この定電圧装置の設定電圧を曳引車の設定速度に応じて 20 mm/sec のステップで変化させている。

積分回路は速度偏差の値（ゲートが閉じられたときの比例回路のプリセットカウンタの値）を加算して D/A 変換したものを積分出力としている。上述の比例出力および積分出力は駆動モータ電機子電圧装置の設定電圧をこまかく修正する。比例出力は厳密には 1 mm/sec おきの階段波型で非線型であるが、速度検出車輪の微少な不整回転やスリットの不均一性がディザースの役目をして線型に近くなっているものと考えられる。

デジタル速度制御演算装置の速度設定器は運転操作盤にあり、1 組の高速範囲用設定器と 5 組の低速範囲用設定器とからなる。高速範囲用設定器は、5 個のデケード回転切替スイッチ（うち 1 個は 0 と 1 のみ選択可能）からなり、低速範囲用設定器は 4 個のデケード回転切替スイッチ（うち 1 個は 0~5 のみ選択可能）からなっており速度は mm/sec の単位まで設定できる。デジタル速度制御運転で低速範囲を選択しているときは、5 組の速度設定器のいずれかを選ぶための選択スイッチが運転操作盤上にあるので、これにより走行中に 5 種のうち任意の速度を選択変更することができる。選択された速度設定器の横には白色灯が点灯し、当該の速度設定器が選択されていることを示す。デジタル速度制御の速度設定器を規定の速度範囲外

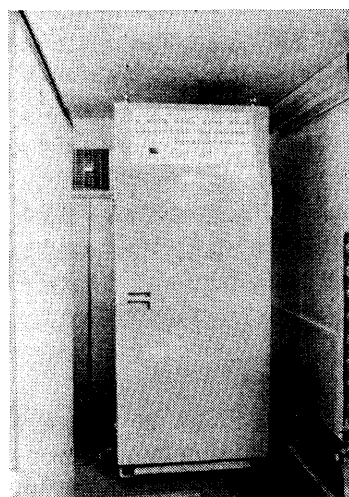


写真 6-3 デジタル速度制御演算装置

に設定したときは (0,200 mm/sec 以下, 14,999 mm/sec 以上), デジタル故障を示す赤色灯が点灯し, 曳引車は走行不能となる。写真 6-3 にデジタル速度制御演算装置, 写真 6-4 に速度検出車輪を示す。

6-4-3 デジタル速度制御演算装置のチェック

デジタル速度制御演算装置は写真 6-5 に示されるように部品の数が多いので故障の確率も大きいと想像される。このため, 曳引車を走行させる直前に演算動作をチェックすることが望ましい。デジタル速度制御演算装置の正面パネルにはこのためのチェックキーがある。

曳引車の停止時にチェックキーが押されると, これはセルフロックされてパルス発生機からの速度パルスのかわりにクロックパルスを分周して得られた 10KHz のパルスがパルス通倍回路に入り, 演算装置内部の速度設定値は運転操作盤の速度設定器とは無関係に 4,000 mm/sec 相当となって, パルス通倍回路および比例回路が正常であれば正面パネルにある速度偏差指示計が零を指示する。つぎにチェックキーの隣にあるマ

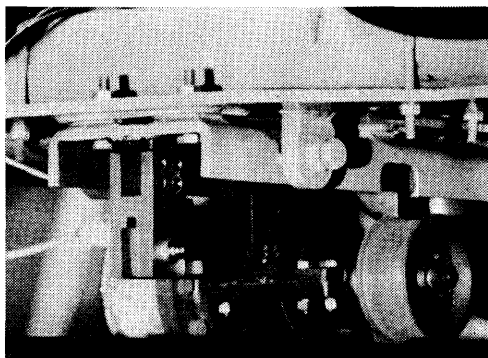


写真 6-4 速度検出車輪

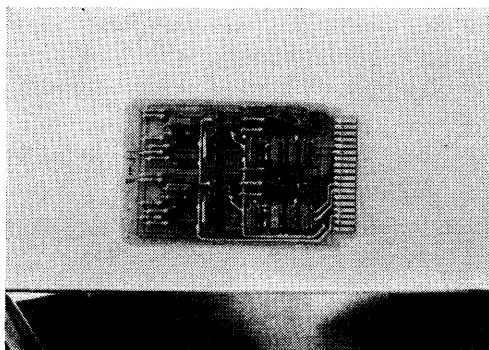


写真 6-5 デジタル速度制御演算装置
パッケージの一例

イナスの指標のあるキーを押し続けると, 速度設定値のみが 4,010 mm/sec となり, 正面パネルの速度偏差指示計が -10 mm/sec を指示し, 積分回路が偏差を積分し, 積分回路の動作を示すランプが点滅し, 約 2.5 秒後にこの回路は飽和して, これらのランプは全部点灯する。つぎにマイナスの指標のあるキーを離し, プラスの指標のあるキーを押し続けると設定速度の値は 3,990 mm/sec となって正面パネルの速度偏差指示計は $+10$ mm/sec を指示し, 積分回路は再び動作を開始してランプが点滅し, 約 5 秒後に積分回路は飽和してランプはすべて点灯する。演算装置の動作が上述のようであれば正常で, チェックキーを再び押すとロックは解除される。

デジタル速度制御演算装置がチェック状態にあるときはデジタル故障を示す赤ランプが運転操作盤上に点灯し, 曳引車は走行できない。

上述のチェック方式によりデジタル速度制御演算装置の故障のほぼ 80% は発見可能である。

6-4-4 デジタル速度制御の定速投入制御

デジタル速度制御で走行するとき, 起動時の定トルク制御はアナログ制御装置で行なわれる。曳引車の起動時にはデジタル速度制御は行なわれず, 電機子電圧定電圧装置の設定電圧として設定速度に対応した電圧に, いくらかの電圧が上積みされている。(これを上積み電圧ということにする。) 曳引車を起動すると曳引車には一定の加速トルクが働くので (後述) 次第に曳引車の速度は増加し, したがって駆動モータの電機子電圧も増加する。低速範囲が選択されているときは, デジタル速度制御演算装置の加速度制御回路は曳引車速度が設定速度より 215 mm/sec 下に到達したときにアナログ制御装置の電機子電流の設定値 (後述) を $1/5$ にする。さらに曳引車速度が設定速度の 15 mm/sec 下に到達したときにデジタル速度制御演算装置の比例出力が投入され, 電機子電圧定電圧装置の設定電圧に加算され, 同時に上積み電圧は零となる。比例出力の投入による曳引車速度の過渡的変化が減衰してから (0.2 秒後) 積分出力が初期値を零にして投入されて電機子電圧定電圧装置の設定電圧に加算されると, 定速投入を示す白ランプが点灯し, 積分制御が働いて設定速度と曳引車速度のオフセットが零となって定速となる。もし電機子電圧定電圧装置の設定電圧と上積み電圧の和で曳引車速度を設定速度の 15 mm/sec 下に, 到達させることができないときは比例回路は投入されない。したがって比例回路を強制的に投入して

デジタル速度制御を行なわせるための定速投入用ボタンを運転操作盤上にそなえている。これは、必要な速度で走行させるための電機子電圧が、アナログ制御装置の構成要素の直流増幅器のドリフトにより、または曳引模型船の抵抗値に応じて変化するためである。これをカバーするために上積み電圧を過大にすると比例出力を投入したときの曳引車速度の設定速度に対するオーバーシュートが大きく、模型船の模型試験には好ましくない。しかし、運転操作盤上に上積み電圧を加減するポテンシオメータがあり、必要なときには上積み電圧を 1 m/sec 相当の電圧から零まで変更することができる。

高速範囲では、素早い定速への切り換えが必要なので、上積み電圧の値も大きく一定とし (2.5 m/sec 相当) 比例回路も設定速度より 35 mm/sec 下で投入される。

停止ボタンが押されると比例回路および積分回路は切り離され、電機子電圧定電圧装置の設定電圧も零となり、あとの動作はアナログ速度制御装置の定トルク制御で行なわれて停止する。

6-4-5 アナログ速度制御装置

アナログ速度制御装置は、曳引車モータ軸の回転速度を 2.2 倍に増速した回転計発電機 (タコダイナモ) (低速範囲用)、または、駆動モータ軸に直結された回転計発電機 (高速範囲用) の出力電圧と、2 段のツェナダイオードで安定され、ポテンシオメータで分圧された直流の基準電圧との偏差すなわち速度偏差電圧をトランジスタ増幅器で増幅して、ツェロン回路のワートランジスタに加えている。補償回路は、ワード・レオナード発電機の界磁電流を微分して回転計発電機の出力に加算している。高低いずれの速度範囲でもループゲインは変化しないようにした。

速度の設定は連動操作盤の粗および精の 2 種のポテンシオメータで行なわれ、精は粗のほぼ 20% の範囲の微調節が可能である。この 2 種のポテンシオメータは、低速範囲と高速範囲に共通で、速度範囲の変更によりフルスケールの速度が変わる。

6-4-6 定トルク制御装置

加速時の定トルク制御装置としては、駆動モータの電機子電流を一定になるように制御するために、駆動モータ電機子回路に電機子電流の検出用の固定抵抗器を入れ、これの電圧降下量と加速度設定器からの電流設定用電圧とを電流比較器に入れて比較する。電機子電流が大きいときは、加速度設定電圧との偏差をアナ

ログ速度制御装置のトランジスタ増幅器に加え、駆動モータの電機子電圧を減少させて電流を減少させる。しかし、電機子電流が少なくても駆動モータの電機子電圧を上げないように、トランジスタ増幅器と電流比較器のあいだにシリコンダイオードを入れ、一方通行としている。これは曳引車の速度が設定された速度に到達したときには加速トルクは不要となるので電機子電流を減少させなければならないからである。

減速時は速度設定値を零とし、シリコンダイオードの極性を切り替えて、加速のときと逆方向の電流を減速度設定器で設定された値となるように駆動モータの電機子電圧を制御する。曳引車が停止する直前には駆動モータの逆起電圧は零に近くなるが駆動用サイリスタ増幅器により制御されるレオナード発電機の発生電圧は定速走行時とは逆方向となり、駆動モータの逆起電圧を零電圧検出リレーで検出し、このリレーが動作したときに曳引車は停止したとみなして、電磁接触器を動作させて電機子回路を開く。

加速度および減速度の設定器は 3 個あって、2 個は往行 (6-5-1-4 参照) のときの加速度設定および減速度設定用で、1 個は復行 (6-5-1-4 参照) のときの加速度兼減速度の設定用である。ともに運転操作盤上に設置されている。この設定器は速度設定器と同様なポテンシオメータであって、速度設定用の基準電圧を分圧して定トルク制御装置の電流比較器に加えている。

往行用の 2 個の設定器のフルスケールは駆動モータの定格電流の 110% に相当し、復行用の設定器のフルスケールは駆動モータの定格電流の 50% に相当する。

6-4-7 手動速度制御装置

手動速度制御装置は、速度制御用サイリスタ増幅器のツェロン回路に手動の可変抵抗器を入れたもので、これにより、曳引車速度を制御している。この可変抵抗器は曳引車操作盤の左すみのふたの内部にある。この上部にアナログ速度制御装置の低速範囲用の回転計発電機に接続されている精密級の電圧計で曳引車速度を監視するようになっている。

手動速度制御で起動、加速の際は、起動用ボタンを押すと駆動モータの電機子回路が閉じられるが、定トルク制御装置は作動しないので、運転操作盤上の電機子電流計が希望する加速度に対応する値を越えないように監視しながら可変抵抗器を操作して、曳引車を希望の速度まで加速する必要がある。減速および停止の際は、停止用ボタンを押して、電機子電流計の振れが加速のときと方向が反対でしかも希望する減速度に対

応する値を越えないように可変抵抗器を操作すれば、曳引車は減速されて停止し、駆動モータ電機子回路は自動的に開かれる。

手動速度制御の速度範囲は、低速範囲または高速範囲の選択とは無関係で、0.3 m/sec～4 m/sec である。

6-4-8 寸動走行装置

曳引車を微速で走行させて任意の位置に移動させることを寸動という。後述(6-5-1-1)の運転方式選択スイッチで寸動を選択しているときは、速度範囲の選択、速度制御方式の選択、速度設定器または加減速度設定器とは無関係となる。

寸動のときは、曳引車の起動ボタンを押し続けると、速度制御用サイリスタ増幅器のツーロン回路には手動制御の場合の可変抵抗器の代わりに固定抵抗器が入り、曳引車は起動して約 0.3 m/sec の速度で走行し続ける。起動ボタンを離れたときに直ちに逆方向の起動ボタンを押し、曳引車が停止する寸前にこのボタンを離すことにより減速度を大きくすることができる。

6-5 運転操作盤

運転操作盤は、曳引車の運転に必要な各種の切替スイッチ、設定器、ボタンと運転用諸装置の状態を示す各種のメータ、ランプからなっていて、曳引車の南側縦桁の中央付近に設置されている。また、計測床の中央付近に移動可能な遠方操作盤があり、曳引車の任意方向への起動および停止の指令ボタンと、デジタル速度制御のときの速度設定器の選択スイッチ、定速投入ボタンおよび定速投入を示すランプが設置されている。写真 6-6 に曳引車の運転操作盤を示す。

6-5-1 切替スイッチ

切替スイッチは運転操作盤上にあり、これらスイッチにより選択された状態は同盤の運転状態表示器のランプで表示される。これらには各運転制御用機器への

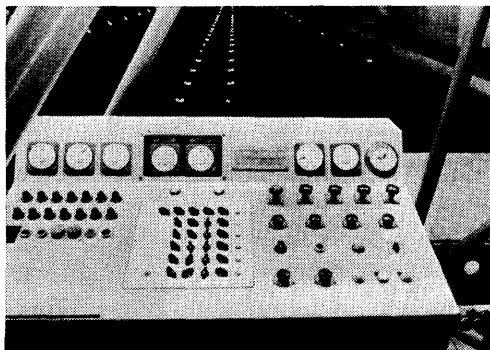


写真 6-6 曳引車運転操作盤

電源の開閉、制御回路への接続または切離しを行なうリレーが接続されている。

曳引車の走行中は、以下にのべる 6-5-1-1～3 のスイッチはインターロックされているので、曳引車の走行中に切替えを行なっても、切替え以前の状態を保持し、曳引車が停止してから、はじめてスイッチで選択したように各部が切り替えられる。

6-5-1-1 運転方式選択スイッチ

このスイッチは曳引車を寸動で走行させるかまたは他の速度制御で連続走行させるかを選択する。

6-5-1-2 速度範囲選択スイッチ

このスイッチは本曳引車では 6-3-5 で述べたように高速範囲と低速範囲とを分けているので、この速度範囲を選択する。

6-5-1-3 速度制御方式選択スイッチ

運転方式選択スイッチで連続を選択したときにこのスイッチで速度制御方式を手動制御、アナログ制御、または、デジタル制御のいずれかに選択する。

6-5-1-4 制御方向選択スイッチ

通常の水槽試験では、計測を行なうのは曳引車が一方方向に走行する(これを往行ということにする)ときのみで、かえり(復行)はできるだけ水槽の水を乱さないようにごく低速で走行するのが通例である。復行の速度は高精度を必要としないので往行と復行では制御方式を切り替えて走行するようにした。往行時にはデジタル速度制御が有効で、復行時は設定速度の変更が容易なアナログ速度制御とし速度設定も復行専用の速度設定器で行なえるようにした。

南へ向って往行することを南往、北へ向って往行することを北往と名づけ、南往と北往を切替える制御方向選択スイッチを設置した。このスイッチの使用頻度は少ないと考えられるので通常はプラスチックのふたがかぶせてあり、このスイッチには走行中のインターロックはなされていない。

6-5-1-5 操作場所選択スイッチ

このスイッチは曳引車の起動等の操作を運転操作盤で行なうか(直接)、または、遠方操作盤で行なうか(遠方)を選択する。

6-5-2 各種押ボタンおよびランプ

曳引車の起動などの動作を指令するために各種の押ボタンが運転操作盤に設置されている。これらの押ボタンはそれぞれの機能を持ったリレーに接続され、押ボタンのそばにあるランプを点滅させて動作が実行されたことを表示する。なお、リセットボタンおよび故

障表示用のランプなどについては6-6で説明するのでここでは省略する。

6-5-2-1 制御装置電源投入用押ボタンおよび制御電源ランプ

制御装置電源投入用ボタンを押すと駆動モータ界磁用サイリスタ電源装置、速度制御用サイリスタ増幅器、駆動モータ電機子回路しゃ断器用電源装置および各種のリレーなどに電源が投入され、保持回路により、保持される。またこの電源の投入により常励磁弁が働き、スプリング制動を解除し、制御電源の投入を示す白色ランプが点灯する。さらにまた、速度制御方式選択スイッチにより指定された制御方式に応じて必要な機器にも電源が投入させる。

6-5-2-2 非常停止用押ボタン

走行中の曳引車を非常の場合に急に停止させたいときにこのボタンを押すと、上述の6-5-2-1のすべての装置の電源を断路するので曳引車のすべての電気的な速度制御機能が失われ、スプリング制動が作動し、制御電源投入を示す白ランプが消灯し、ベルが鳴る。また、実験の終了後に曳引車の制御電源を断路するときもこのボタンを使用する。

6-5-2-3 起動、停止用押ボタン

操作場所として直接が選択されているときの起動、停止は運転操作盤上にある南進、停止、北進の順に左からならんでいる3個の押ボタンにより行なわれる。南進のボタンを押すとそのボタンの下にある白色ランプが点灯し、南往、北往のいずれが選択されていても曳引車は南へ向って走行する。停止ボタンを押すと、その下の白色ランプが点灯し、減速状態となる。北進ボタンを押すとその下の白色ランプが点灯し、曳引車は北へ向って走行する。

遠方操作盤を選択しているときは上述と同様に起動、停止の操作が遠方操作盤の同種の押ボタンによって行なわれる。ただし、停止用押ボタンについては操作場所がいずれに選択されていても常に両操作盤でも有効である。

南進のときには曳引車屋上南側の信号灯は赤灯が北側の信号灯は緑灯が点灯し、完全に停止したときには両側とも燈灯となる。

北進のとき信号灯の点灯は上述の逆となる。

6-5-2-4 造波装置起動停止用押ボタン

造波装置起動停止ボタンを押すと水槽南端にある造波装置を起動させ、2度目に押すとこれを停止させることができる(8-2-5参照)。これは曳引車の走行、停

止の如何には無関係である。

6-5-2-5 消波装置昇降用押ボタン

消波装置昇降用押ボタンの操作により水槽両側の消波装置を操作することができる(7-2-2参照)。これも曳引車の走行とは無関係である。

6-5-3 各種メータ類

運転操作盤には曳引車の駆動装置の状態を表示するメータが設置され、これにより必要な箇所の電圧、電流、空気圧等を知り、異状の有無およびその箇所の推定ができる。電圧電流計としては110mm角の広角度メータを使用した。各メータの指針の標準の位置または最大値以上を赤色の目盛りとした。

6-5-3-1 DG 界磁電流計

これは、フルスケールが $\pm 50\text{A}$ の両振れの直流電流計であって、レオナード発電機の界磁電流を表示する。曳引車の停止中にこの電流計が振れる場合はアナログ制御装置のトランジスタ増幅器または速度制御用サイリスタ増幅器に異状がある。

6-5-3-2 DM 界磁電圧計

これは、フルスケールが0~300Vの直流電圧計であって、駆動モータの界磁電源の出力直流電圧を表示する。この電圧が零のときは駆動モータ界磁用サイリスタ電源に異状がある。通常この電圧計の表示は、駆動モータ界磁コイルの温度が上昇するのに従って、150V程度から200V程度までゆっくりと上昇する。

6-5-3-3 DM 界磁電流計

これは、フルスケールが0~30Aの直流電流計であって、駆動モータ界磁の電流を表示する。通常は電流値が16Aを表示しているが、上述の6-5-3-2のメータは振れるが、このメータが振れないときは駆動モータ界磁に異状がある。16Aと異なるときは駆動モータ界磁用サイリスタ電源に異状がある。

6-5-3-4 主回路電圧計および主回路電流計

この2個は運転操作盤のプラスチックのおおいの中にあり、主回路電圧計はフルスケールが $\pm 2,000\text{V}$ の両振れのメータで、4台の駆動モータ電機子電圧の和を表示し、主回路電流計はフルスケールが $\pm 1,000\text{A}$ の両振れのメータで、駆動モータの電機子電流を表示する。曳引車を起動する際に、6-5-3-1の電流計は振れるが6-5-3-4の電圧計が振れないときは、発電機に異状があると考えられる。また6-5-3-4の電圧計は振れるが6-5-3-4の電流計が振れないときは、駆動モータに異状がある。

6-5-3-5 デジタル速度偏差計

これは、フルスケールが $\pm 100 \text{ mm/s}$ の両振れのメータで 6-4-3 に述べたデジタル速度制御演算装置の速度偏差指示計と同一の内容を表示する。このメータによりデジタル速度制御演算装置の動作状態を監視できる。

6-5-3-6 速度計

これは、フルスケールが $\pm 7 \text{ m/sec}$ および $\pm 16 \text{ m/sec}$ の二重目盛りの両振れのメータで、およその速度の見当がつけられる。

6-5-3-7 制動空気圧力計

これは強制制動用の空気圧を表示するメータで、赤と黒の2本の指針があり、赤針はタンクの圧力を、黒針はシリンダの圧力を表示する (5-8-2 参照)。

6-6 緊急停止装置およびインタロック

緊急停止装置は、曳引車が走行中に種々の原因により走行を続けることができなくなったときに曳引車を停止させる装置であって、これには2つの種類がある。この装置により停止したときはその原因が運転操作盤上に赤ランプで示される。

6-6-1 第1緊急停止装置

第1緊急停止装置が曳引車の故障以外の原因で停止すべき要因を検出したときに、曳引車は自動的に、常用の停止用押ボタンが押されたときと同じ状態となり、回生制動などが動作して停止する。また、曳引車の停止中にこの装置が動作している場合には、あやまって起動用押ボタンが押されても曳引車が走行しないようにインタロックされる。停止すべき要因が取り除かれるとランプは消え、運転可能を示す運転操作盤の緑ランプが点灯する。

この装置が動作するのは次の場合である。

(1) 自動制動が動作したとき

自動制動 (5-8-6 参照) は無接触形のリミットスイッチの動作でベルを鳴らし、曳引車を停止させる。そのちに自動制動解除ボタンを押すと自動制動が動作したことを示す赤ランプが消え再び走行可能となる。またこの自動制動解除ボタンを押しながら、リミットスイッチが動作する位置を曳引車が通過すれば、自動制動は働かない。

(2) 強制制動が動作したとき

このときはまずハンドルについているリミットスイッチが動作して減速状態となり、更に動かすと空気油圧式の強制制動が働く。

(3) デジタル速度制御演算装置に下記の異状が検出されたとき

- 1) デジタル速度制御演算装置がチェック状態にあるとき
- 2) 速度検出用パルス発生器のランプが点灯しないとき
- 3) 速度が設定可能範囲を越えて設定されたとき
- 4) デジタル速度制御演算装置用リレー電源 (運転操作盤内収納) または同装置本体の電源回路に異状があったとき

これらの異状が除かれるか、またデジタル速度制御方式以外が選択されるとデジタル故障を示す赤ランプが消えて曳引車は走行可能となる。

(4) 曳引車の昇降用梯子が格納されていないとき

6-6-2 第2緊急停止装置

第2緊急停止装置が曳引車の運転制御装置に異状を検出したときに、曳引車は自動的に非常停止用押ボタンが押されたときと同じ状態となり、スプリング制動などが動作して停止する。また、この場合制御用電源がシャ断されているので再起動できない。停止すべき要因が取り除かれ、その後電源が再投入されると、赤ランプは消え、運転可能を示す緑ランプが点灯する。

この装置が動作するのは次の場合である。

- (1) 停電のとき。
 - (2) 曳引車駆動モータの界磁が喪失したとき。
 - (3) 曳引車の速度が設定可能範囲を越え、過速度となったとき。
 - (4) 曳引車モータ電機子回路の接地漏洩電流が規定値以上になったとき。
- 上述(3)、(4)の過速度および接地の場合はその原因を取り除いてから運転操作盤上の(3)(4)専用の故障リセットボタンを押すことにより始めて制御電源の投入可能状態となる。
- (5) 非常停止ボタンが押されたとき (6-5-2-2, 参照)
 - (6) 水槽棟北部動力室内の曳引車駆動用誘導モータの電源用シャ断器または曳引車駆動モータ電機子回路シャ断器が動作したとき。
 - (7) 駆動モータ冷却用ファンモータが過負荷になって回路の熱動継電器が動作したとき。
 - (8) 速度制御用サイリスタ増幅器に過電流が流れ、同装置のノーフェーズブレーカーが動作したとき。
 - (9) 曳引車の強制制動用空気圧が 7.2 kg/cm^2 以下に低下したとき。

なお、空気圧縮ポンプは空気圧が、 8 kg/cm^2 以下になったときに動作し、 9 kg/cm^2 以上で停止するように設定されている。

(10) 水槽棟南端部にある非常制動 (5-8-3 参照) が動作したとき。

曳引車が非常制動で停止した後非常制動用フックの上方にあるスイッチで非常制動を解除すると、非常制動の動作を示す赤ランプは消灯し、非常制動解除ランプ (橙色) が点灯する。このとき曳引車は寸動のみ走行できる。つぎに、解除スイッチと非常制動用フックを復旧すると橙色ランプも消えて正常状態に復帰する。

また第 2 段階緊急停止装置のリレーをテストするためのスイッチがあり、これをテストの状態にするとすべてのリレーが正常の場合はベルが鳴る。

6-6-3 その他のインタロック

往行時に空調機および制動用空気圧縮機が起動すると、その振動のために実験に悪影響があるので往行中はその運転を停止させている。

6-7 付属ぎ装品

曳引車を走行させるための機器については前項までに述べたが、ここでは曳引車の制御に直接関係のない機器、すなわち曳引車速度計と模型船の自航試験・プロペラの単独試験に使用するモータとその電源について述べる。

6-7-1 曳引車速度計

曳引車の速度計はデジタル速度制御用のパルス発生機構と同一のものをを用いた。ただし円板の 1 周のスリットの数には 300 個である (速度検出車輪の円周は 300 mm である)。速度検出車輪は、曳引車東部床下で走行レールに圧着されている。このパルス発生器からの出力パルスを曳引車の計測床のほぼ中央に設置されたパルスカウンタが 1 秒間計数し、パルスカウンタとならべて設置されている 5 桁のデジタルプリンタが mm/sec の単位で速度を印字する。

パルスカウンタおよびデジタルプリンタはこのほか 2 チャンネル分があり、自航動力計のデジタル回転速度計測その他に使用される。このほか水槽の北端から 220~360 m の間には 2,400±1 mm おきにディスタンスピースがあり、これで曳引車上に設置された光電検出器の光をしゃ断し、この時間間隔を計時用パルスカウンタで計測し、デジタルプリンタに印字することによって対地速度を計測することが可能である。これは通常速度計測値およびデジタル速度設定値と対地速度の検定に使用される。

6-7-2 自航試験用モータ

自航試験のとき使用する模型プロペラ駆動用の直流

分巻モータ 4 台を設置した。このうちの 2 台は 1.5 kw で他の 2 台は 3 kw である。いずれも連続定格でモータの重量を軽減するために最高回転数を 4,000 rpm とした。直流分巻モータはトルクに対する過負荷耐量が比較的大きいので (JIS 規格では定格電機子電流の 200%, 1 分間)、場合によっては過負荷の状態短時間の試験を行なうことを予想して容量を決定した。

6-7-3 プロペラ単独試験機用モータ

プロペラ単独試験機に使用するモータは前述の自航試験用モータと同じように直流分巻モータとし、大型プロペラ単独試験用として 15 kw もの 1 台、同上小型用として 5 kw のもの 1 台を設置した。いずれも連続定格で最高回転速度は 3,000 rpm である。

大直径のプロペラのスタンド・テストにおいて、モータを過負荷で使用することを前提として前項と同様にモータの容量を決定した。

6-7-4 自航モータ用電源

自航モータおよび単独試験用モータに共通の電機子電源は 30 kw の誘導モータで回転される 20 kw の直流発電機およびその制御装置からなっているワード・レオナード電源である。ワード・レオナード電源を選んだ理由は単独試験においては場合によってモータがトルクを吸収する必要があるからである。各モータの界磁用電源としてシリコン整流器で AC 220 V を整流し、モータの容量に応じそれぞれの抵抗器で電流を調整し、各モータに加えている。

各モータにはそれぞれソケットがついており、電源からの接続コードおよびプラグはモータに応じ専用のものがある。各モータの電機子回路はモータに応じて適当な過電流保護リレーが接続されている。それぞれのモータには同一規格の回転計発電機がモータ軸に直結されていてその出力は回転速度制御装置に送られる。回転速度制御装置は曳引車のアナログ速度制御装置の定トルク制御部分を除いて簡単にしたものと同種であって、増幅器は同一規格品を使用している。

回転速度設定器は可搬型のモータ操作盤にあり、これと自航モータ制御盤とはケーブルで連結されている。回転速度の設定は操作盤上の粗および精の 2 個の設定器で行ない、精の設定器の設定範囲は粗の約 20% である。

自航モータの運転は次のようにする。

(1) 自航モータ制御盤の AC 電源投入を示す白ランプおよび界磁電流が接続されていることを示す白ランプの点灯を確認する。

(2) 自航モータ操作盤の回転速度粗設定器が零でかつ起動しようとするモータの過電流保護リレーがリセットされていることを示す、自航モータ操作盤上の停止ボタンの白ランプの点灯を確認する。

(3) 自航モータ操作盤上の右回転または左回転のボタンを押すと押したボタンの白ランプが点灯し停止ランプは消灯する。

(4) 自航モータ操作盤上にある電機子電流計の表示に注意しながら回転速度粗設定器を徐々に上げるとモータは右または左に回転し始める。

(5) 自航モータ操作盤の回転計またはデジタル回転計の表示を見て粗および精の設定器により回転速度をあわせる。

(6) モータを停止させるときはまず回転速度粗設定器を零にしてからDM停止ボタンを押す。このとき停止ボタンの白ランプは点灯する。

この電源装置一式は曳引車上に1基、水槽棟北部動力室内に1基合計2基が設置され、曳引車での自航試験等とは別個に実験準備場付近でも動力計のキャリブレーション等のために自航モータ等を使用することができる。

6-8 運転走行記録

表6-4にデジタル速度制御走行記録、表6-5にアナログ速度制御走行記録、表6-6に手動制御走行記録を示す。なおデジタル速度制御走行時の速度の設定はmm/secを単位として行なえるが、アナログ速度制御走行および手動速度制御走行時の速度の設定値は速度設定用ポテンシオメータの回転角によって決定されるために、これらの場合の速度の設定はデジタル速度制御のときのように的確ではない。表6-4、表6-5および表6-6の速度安定度は曳引車速度偏差の自乗平

表 6-4 デジタル速度制御走行記録

00200	01000	02001	06000	08003	11462
00206	01001	02001	06000	08000	12503
00202	01001	02029	06000	09009	12499
00201	01000	03000	06000	10000	12502
00200	01001	03000	06000	10002	12500
00200	01000	03000	06000	09009	12500
00200	01000	03000	06000	10001	12200
00200	01000	03000	06000	10002	11300
00200	01000	03000	06000	10002	
00200	01001	03000	06000		
00200	01001	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01001	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		
00200	01000	03000	06000		

設定速度 (mm/sec)	200	1,000	3,000	6,000	10,000	12,500
速度設定精度 (mm/sec)	+0.3	+0.3	+0.04	-0.2	+0.6	+0.8
速度安定度 (mm/sec)	0.6	0.5	0.5	0.7	1.2	1.5

表 6-5 アナログ速度制御走行記録

01027	02037	02038
01027	02038	02030
01030	02037	02031
01028	02030	02031
01027	02037	02031
01030	02038	02037
01027	02037	02031
01027	02038	02038
01027	02038	02030
01027	02038	02030
01028	02037	02031
01027	02038	02031
01028	02037	02031
01027	02038	02031
01030	02030	02032
01030	02037	02032
01030	02038	02038
01031	02030	02032
01031	02038	02030
01031	02030	02032
01032	02038	02032

設定速度 (mm/sec)	1,000	2,000	3,000
速度設定精度 (mm/sec)	+2.9	+3.7	-1.96
速度安定度 (mm/sec)	1.0	1.3	1.0

表 6-6 手動速度制御走行記録

00737	01742
00731	01727
00717	01711
00707	01701
00707	01708
00706	01730
00704	01754
00711	01762
00730	01747
00754	01740
00737	01730
00730	01733
00737	01731
00737	01728
01008	01738
01001	01721
01000	01742
01001	01757
00737	01760
00733	01733
00732	01707
00737	01737
00731	01748
00737	01737
01004	01787
01014	01770
01020	01767
01020	01768
01014	01708

設定速度 (mm/sec)	1,000	2,000
速度設定精度 (mm/sec)	-28	-52
速度安定度 (mm/sec)	40	25

均値である。なお、曳引車速度のサンプル間隔は2秒に1回の割合である。

7. 消波装置

7-1 まえがき

消波装置には、2つの目的があって、一つは、波浪中の船型試験において、水槽南端の造波装置で発生させた波が、水槽北端で反射して波形を乱すのを防ぐものであるが、いま一つは、模型船による一航走の実験が終了した後の水面の乱れをすみやかに消すことにより、実験の能率を上げることにある。特に、本水槽では、幅および長さが、一般の水槽より大きいために、模型船航走後の水面の回復が遅いことが想像され、消波装置の性能が重視された。

消波装置の種類としては、粗面あるいは簀の子