

(昭和 42 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

## IHI 船型試験水槽について

正員 寺尾貞一\* 正員 神中竜雄\* 正員 岡田 主\*  
 正員 深瀬 彊\* 正員 山崎 禎昭\*

On the IHI Ship Model Basin

(Research Institute of Inshikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.)

By Sadakazu Terao, *Member*, Tatsuo Jinnaka, *Member*  
 Mamoru Okada, *Member*, Tsutomu Fukase, *Member*  
 Tadaaki Yamazaki, *Member*

## Summary

A new ship model basin of Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd. was established at Yokohama in January 1966. It consists of a towing tank ( $100\text{ m} \times 10\text{ m} \times 5\text{ m} + 10\text{ m} \times 2\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ ), model manufacturing shops and laboratories.

The towing carriage is made of steel box girders and its maximum speed is 5 m/sec.

The remarkable features of this model basin are as follows :

- (1) The Thyristor Leonard System is adopted to the speed regulation of the towing carriage. Then the sufficient steadiness and setting accuracy of the speed of the carriage are preserved.
- (2) The application of sequence program with punched cards made possible to simplify the measuring work and only one or two persons are needed for the ordinary experiments.
- (3) In the self-propulsion tests, the rate of propeller rotation is automatically corrected according to the relative speed between the carriage and the model. By this method the self-propelled model settles into a steady speed in a comparatively short time, therefore in spite of short length of the tank, sufficiently reliable data are obtained.
- (4) All experimental data in ordinary tests are detected directly by digital transducer.
- (5) The special detecting mechanism is used for the thrust measurements, which needs no slide coupling and the small displacement of the propeller shaft is converted to the phase difference between a couple of pulses.

## 1 緒 言

昭和 41 年 1 月に石川島播磨重工業(株)の船型試験水槽が横浜に完成し、以後各種計測器等の設備を調整し、現在既に各種の試験を実施中であるので、これについて簡単に報告することにする。

## 2 計画および工程

最近船舶の高性能化に伴い、船型試験の重要性が強く認識されている折から、当社においても船舶流体力学関係の各種研究のために船型試験水槽設立の必要性が認められ、設立の運びになった。設計の方針としては、普通商船の試験に重点を置くことにし、試験の能率的処理と model-ship correlation を合せ考えて、常用模型船の長さを 7 m とした。この長さの模型船で普通の自航試験が可能であるための最小限の必要長さとして水槽の長さを 100 m に選んだ。また船舶の水槽試験は比較試験的性格を持つていることから、多少の水槽壁の影響は補正で補なえば実用上は支障がないという見地に立つて、水槽幅は 10 m におさえた。なお将来試験範囲をひろげることと水槽試験の能率化をはかるために更に水槽を延長する含みがあるので、造波装置の設置はその機会に譲

原稿受付 昭和 42 年 1 月 10 日

\* 石川島播磨重工業(株) 技術研究所

つた。

このように水槽の長さを短かくしたので、後述するように計測はすべて自動化することになった。

また水槽試験を行なうために必要な一応の附属設備、即ち各種木工および金工作機械、模型船切削機、溶接機、プロペラ計測および切削機等をも附設した。

なお第一期計画としては通常の船体抵抗試験、プロペラ単独試験、自航試験などができるようにしたが、波高の精密計測等の比較的新しい試験装置は次期計画にゆずり現在進行中である。

水槽の計画は昭和 38 年暮に始まり、39 年中に大体の水槽および附属設備の計画が終り、40 年 5 月に起工、同年 6 月中旬にパイル工事完了、同年 8 月中旬に水槽工事完成、注水、同年 11 月中旬にはほぼ外廓のできた曳引車を水槽建屋内に搬入、同年 12 月始めにレールの据付け開始、41 年 1 月末に曳引車および建物が完成した。なおその後曳引車関係の配線を同年 4 月末までに終り、41 年 5 月初旬に総合試運転を行なった。

### 3 基礎工事および水槽

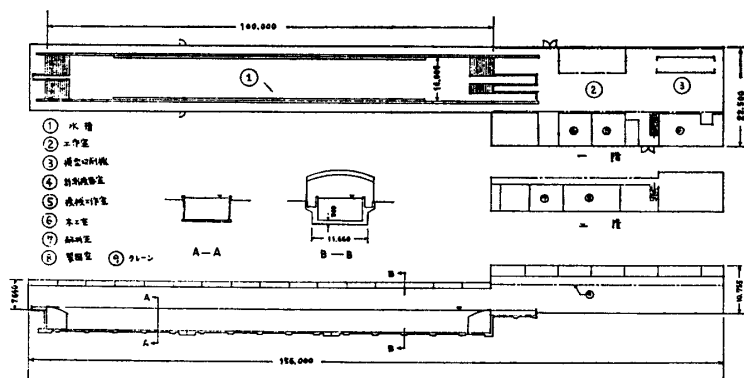
水槽は敷地内にはほぼ東西にわたって設置され、西側に模型製作工場と製図室等を附属しているが、本敷地は根岸湾の埋立地であるため地盤沈下による本体の破壊、レール精度の変化、工作機械の狂い等が最も恐れられ、そのために基礎工事には特に考慮が払われた。すなわち、計約 470 本の H 型鋼および鋼管杭をいずれも岩盤に到達するまで打込み、水槽および工作室共その上に乗った構造となつてゐる。とくに水槽を支持する杭は電気防蝕ができるように配線されてあつて、腐食等によつて地耐力が減少せぬよう将来にわたつての安全が確保されている。

水槽は鉄筋コンクリート製で長さ方向に 3 個のブロックより成り、ブロック間のコンクリートは切離されていて、継目はエスロンの止水板によつて水密が保持されている。それぞれブロックは間隔が 6.5m の梁構造となつており、大部分がこの梁を通して前記の杭の上に支持されている。また架線の水槽に対する相対的な沈下等が起これぬよう水槽上屋の基礎も水槽壁と一体構造になつており、全体は地上 1m、地下 4.4m の半没式構造である。

水槽の主要寸法は長さ 100m、幅 10m、深さ 5.4m で、この他に長さ 10m、幅 2m、深さ 1.5m のトリミングタンクとリザーブタンクを持つてゐる。標準水深は 5m で水位調節は +200、-400mm 程度可能である。

水槽側壁の頂部にはレール据付用のスリーパーと調整用の水槽溝が設置されているが、スリーパーの据付精度を上げ且つ曳引車の頻繁な通過にもスリーパーの変化を来さぬよう基礎に十分な剛性を持たせるため、1 本の長さ 12m、幅および高さ 400mm の H 型鋼が埋設された。この型 H 鋼上面にはスリーパー取付用の台座が 650mm ピッチで溶接され、台座の上面は 12m の H 型鋼を通してシェーパー仕上されており、各台座の裏側には同ピッチでブラケットが入っている。H 型鋼は側壁中の鉄筋にアンカーボルトを通して溶接されており、アンカーボルトを微調整することによつて側壁仕上前に 100m 全長にわたつて  $\pm 1\text{mm}$  程度の真直度および水平度を有するように調整され、後に行なわれたレール調整を非常に容易にした。

本水槽の側壁および底部には水槽水を循環させ濾過するためのパイプが敷設されており、建屋の北側に設けられた濾過装置によつて 1 時間 120 トンの割合で処理されるようになってゐる。これは主として夏季、水槽中にバクテリア藻等が発生して水を不透明にするのを防ぐためで、完成後も顕著な効果を発揮し、高い透明度が維持されている。



第 1 図 水槽配置図

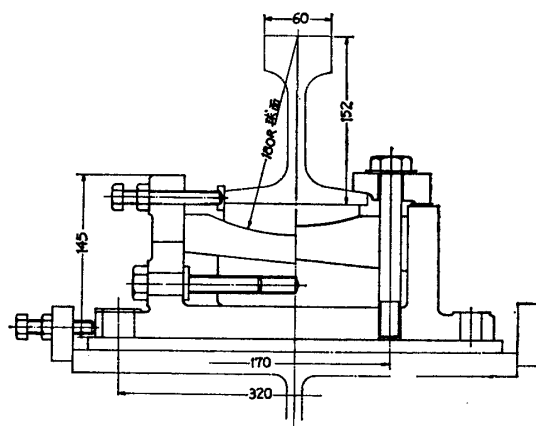
水槽側壁と一体構造として建てられている上屋は、軽量鉄骨構造で壁は内面プラスターボード、外面スレート張りの二重構造となっており、天井にも通気のための空間が設けられていて夏季の温度上昇を防ぐようになっている。窓は北側にのみ設けられているが、熱線通過によつてレールに悪影響を及ぼさないようセルバーググリーンの塗装を施し、熱線通過を抑えるようにしてある。

水槽の全体配置図を第1図に示す。

#### 4 スリーパーおよびレール

スリーパーは前述の水槽壁上に埋設された H 型鋼上にボルト締めで設置されているが、短期間の据付工期と高度なレール設定精度を満足させるために特殊な形式のものが開発された。すなわち、従来一般に使用されていた楔またはライナーを主体としたものに代つて、第2図に示す如く球面と楔を組合せた構造とし、球面の曲率中心をレール上面の中心に一致させて、レールの上下、左右、傾斜をそれぞれ独立に調整できるようにしてある。このスリーパーの使用によつて、レール調整工期は非常に短縮され、且つ後記の通りの精度に収まつて所期の目的は十分達成された。

スリーパーの間隔はレールの撓みと曳引車の個有振動数の関係から 650mm とした。レールは現在国内で生産されているものの中で最も断面係数の大きなものを選び東海道新幹線用 50T レールを使用し、これを上面および両側面を研削加工、底面および底部両側



第2図 スリーパーおよびレール

面をフライス加工し、加工の都合上1本を 11m030 として、溶接により 110m 全長を1本にした。加工の際はスリーパー間隔に等しい間隔で工作機械盤上に締付け、切削時の精度が水槽壁上でも再現できるように考慮した。加工精度は 11m030 に付き上面、側面、底面共真直度 0.1mm、表面粗度は上面、側面は 3.2s 底面および底部側面は 12.5s 仕上である。

レールの接合は神戸製鋼のエンクローズド溶接により行なつたが、全溶接を採用することに対しては、主として溶接の熱応力による歪みの問題が心配されたので、数回の予備実験を実物とほとんど同じ状態で行ない適当な逆歪量を求め、予め溶接前にその歪みをつけて完全に拘束した上で溶接するという方法によつて、いずれも調整可能な範囲内に入れることができた。また実験によれば、溶接部の局部歪みおよびアンダーカットは、溶接部を中心として左右 50mm 程度にわたり約 0.3mm 程度であり、最終的な精度を満足しないので、レール端部はあらかじめ 50mm の長さに 0.5mm の仕上代を残して置き溶接後手仕上することにした。逆歪量は溶接部の左右各2個のスリーパーを緩めて、溶接線上でダイヤルゲージを使い 2.6mm に設定した。溶接終了後 680°C で 15 分間焼鈍し、続いて 300°C まで約 30 分間徐冷の後、焼鈍炉を外して空气中で常温まで徐冷した。

溶接、仕上後の最終調整によるレール設定精度は、水準面に対し  $\pm 0.1\text{mm}$  等と称されていたが、工作機械的な意味においては非常に困難な数字であり、レール全長が長くなれば計測の同時性等の問題から益々呼称精度に対する保証は難かしくなる。本水槽のレールは、より測定値の意味を厳密ならしめるために、検査方法として第1表に示すように長ピッチ測定と短ピッチ測定を併用する方法を取つた。なお本水槽では北側を基準レールとし側面真直度を厳しくしたが、南側側面真直度は許容値を大きくとつてある。計測方法は平面度は水準溝の水面を基準として容量型振動計を応用した非接触型コンパレーターと精密水準器を使い、側面の真直度は 0.3mm のピアノ線を張つて内側マイクロメーターによつた。容量型振動計は従来の目視式水面触針法や電気触針法に比べ、読取値のパラツキが遙かに少なく1回の測定時間も 0.2 分程度である等すぐれた点が多い。第2表にデータの再現性について確認試験を行なつた結果を示す。計測基準の決定や計測結果等の詳細については報告(1)に詳述されているので省略するが、溶接箇所をも含めていずれも第1表に示した許容差内に収まり、なんらの支障も生じていない。

第1表 レール設置精度

検査事項		測定方法	許容値* (単位 mm)
レール上面の平面度	幅方向 (上面の撓れ)	精密水準器 (0.05 mm/M) による 計測点, 各スリパー上	全面につき $\pm 0.1/M$
	上面の真直度	(1) 長ビッチ測定 非接触式水面コンパレーターによる 計測点, 約 10 m 毎** (2) 短ビッチ測定 精密水準器 (0.05 mm/M) による 計測点, 各スリパー上, 2 点連鎖法による	全面につき 0.2  10 m につき 0.08/M
レール真直度	長さ方向	全長に沿って張ったピアノ線 (0.3 mm) とレール側面の距離を内測マイクロメーターで測定する 計測点, 各スリパー上	(1) 北側レール 全長につき 0.2 (2) 南側レール 全長につき 1.0
平行度	長さ方向	鋼製巻尺で引張力を一定にして計測する 計測点 10 m 毎	全長につき 2.0
備考		* JIS の表示方法により両振幅の最大値をもつて定義する ** 各スリパー上で計測した値を参考値とする	

第2表 計測精度

計測方法	読取値のバラツキ	平均値のバラツキ	計測時間 (5 回)
目視式水面触針法	0.1 mm	0.045 mm	10 分
電気触針法	0.04 mm	0.002 mm	2 分
非接触型水面コンパレーター	0.007 mm	0.0035 mm	0.8 分

## 5 曳引車および制御装置

従来幅の大きな水槽では、主として重量軽減の目的から曳引車の構造としてトラス構造が採用されることが多かったが、剛性、振動等の点からはボックスガーダー方式がすぐれていることが九大応用力学研究所の水槽で示され、本水槽の計画に当たっても個有振動数の推定等の点で多くのご教示を戴いた。本水槽ではこの利点の他に、後述のように制御装置にサイリスタ静止レオナードを使用したため車上設置の盤が多くなったこと、また計測器の積み込みや移動等に当たっても上部に何ら障害物を有さないボックスガーダー方式の方が便利であると考えた。本水槽は 10 m 幅であり、幅の点から考えるとガーダー型式を採用する限界であると思われるが、以上の経過からボックスガーダー型式を採用した。なお車体の個有振動数は計算上 11.2 c/s であったが完成後の実測では、計画重量よりやや重くなったこともあつて 9.7 c/s であった。



第3図 曳引車

構造要目は次の通りである

- 全 長 11.325 mm  
(車輪間隔 8.125 mm)
- 全 幅 11.340 mm  
(車輪ゲージ 10.500 mm)
- 主桁高さ 900 mm
- 計測レール間隔 1,000 mm
- 標準水面との距離 800 mm
- 重量 (計測器全備状態) 24.6 ton

曳引車全景を第3図に示す。

曳引車速度は 0.3~5 m/s として計画し、25 kW, 1150 R.P.M., 110 V の直流分巻モーター

4台で四車輪べつべつに直列接続で駆動される。減速ギヤは、油浴式1段減速比 9.55 でモーター軸との結合は速度制御上悪影響を及ぼさないように直結のフランジ継手を使用した。車輪は表面焼入れのシリコン、マンガン鋳鋼製で、四輪の荷重を均一化するため上下位置を微調整できる構造で支持されている。荷重のバランス調整は最終調整時ストレーン・ゲージ荷重計で計測しながら行なわれ、完成時四輪の不均一は全備状態において平均荷

重の 2% 以内とすることができた。

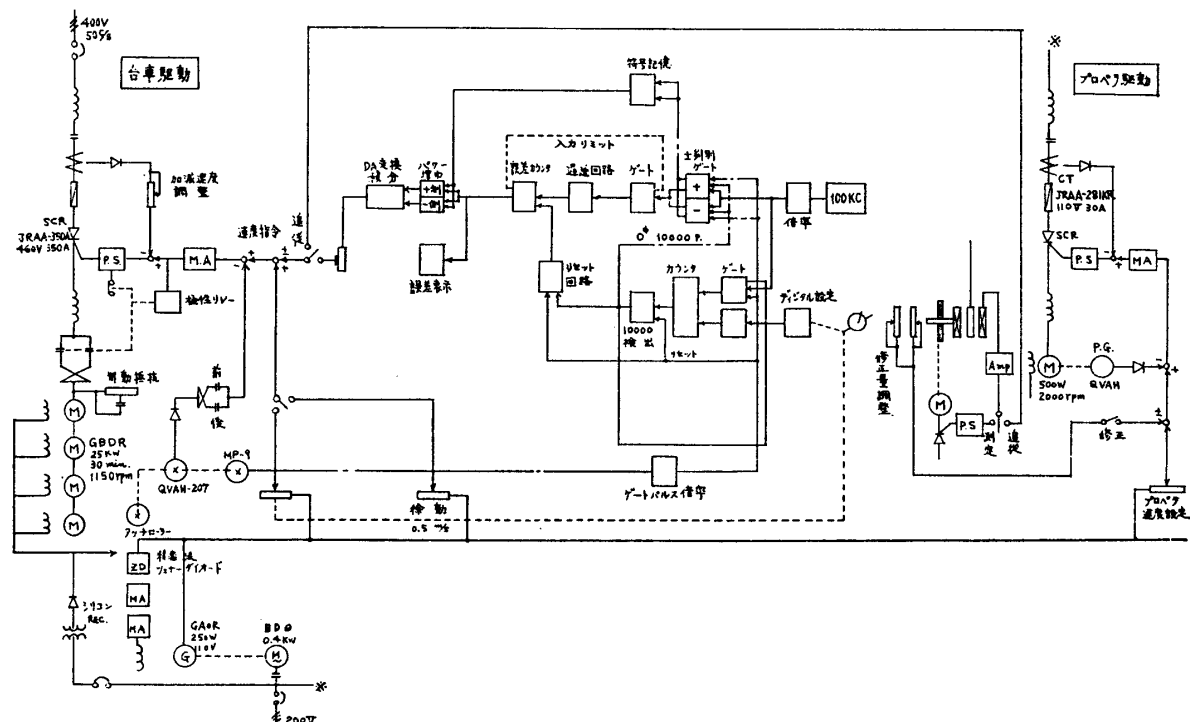
精密なる速度制御および運転操作関係の簡単化は今回の曳引車計画に当つて最も大きなポイントのひとつであった。速度制御は次の各点に重点が置かれている。

- (1) 走行前の計画速度と到達速度の差がほとんどないこと。
- (2) 定速走行中の速度の安定度が高いこと。
- (3) 自航船と曳引車の速度の不一致を解消すること。

(1),(2) の目的のため、サイリスタ静止レオナードとデジタル制御方式を採用し、極く短時間の変動をも制御する必要があるものとしてアナログ制御も併用している。(3) のためには後述のようにシーケンス制御を応用して模型船と曳引車の速度差からプロペラ回転数を自動的に修正する方法を開発した。サイリスタ静止レオナードは制御の応答速度が非常に早く、高精度の速度制御には最も適しているものと思われる。

つぎに曳引車の速度関係の要目を示す。

曳引車速度	前進	0.3~5.0 m/s
	後進	0.3~3.0 m/s
自航追従範囲		0.8~3.0 m/s
速度設定精度*	$\pm 1.0$ mm/s	
速度整定精度**	0.3~0.8 m/s, $\pm 0.8$ mm/s	
	0.8~5.0 m/s, $\pm 0.1\%$	
速度整定時間***	2.5 秒以下	
加速度	0.6 m/sec <sup>2</sup> (可変)	



第4図 ブロック線図

第4図にデジタル制御回路およびプロペラ回転数修正回路のブロック線図を示す。

曳引車は先ず加速時電流制限によるトルク制御によつてアナログのみで加速され、設定値に近づいた所でデジタル制御が加わる。走行車輪とは別に設けたタッチローラーによつてゲートパルスが発生し、別に設けられた水晶発振子の 100 kc を計数し、設定速力に対する指令パルス数との差を増幅してフィードバックし、これによ

\* 設定値と整定値のずれ

\*\* 整定速度からの変動量で任意の 1 秒間の R. M. S.

\*\*\* 理論的加速完了点より整定状態に入る迄の時間

つてシリコン制御整流器の移相器を制御する。このために応答速度が非常に早くなっているのが特徴である。

また走行と計測プログラムはあらかじめカードで指示しておき、シーケンスを設定する方式をとっている。従って走行、計測、記録、停止等の各動作は全て自動的に行なわれる。

制動は通常無接触リミットスイッチで起動される回生制動を使用するが、これとは全く独立に油圧ブレーキがあり、油圧が正常に上つていないと発進出来ないインターロック回路が構成されていて安全を確保している。なおこの他に水槽端には油圧緩衝器が備えてあり 2m/s までの曳引車の運動エネルギーは吸収できるようになっている。

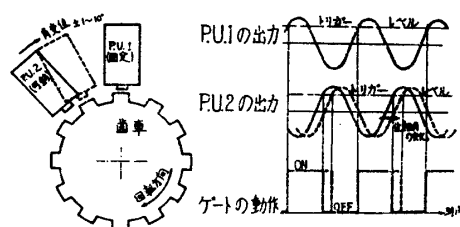
架線は剛体トロリーの AS 型 85mm<sup>2</sup>、3 本、AS 型 50mm<sup>2</sup> 3 本の計 6 本で、(内 1 本は搬送電話線として共通に使用している) 曳引車上の集電装置は 2 脚式のを 1 セットつけているのみである。これは 1 個につき 2 個の集電子を持ちそれぞれ全く独立に動くので、離線等を考えて例えば曳引車の前後 2 箇所から集電するような必要は全くない。トロリー線には 85mm<sup>2</sup> のものに 440V 3φ、50mm<sup>2</sup> のものに 220V 3φ を供給し、曳引車上の電源は全てこれでまかなっている。とくに曳引車駆動用のトロリーはサイリスタレオナードを使用した結果として大幅に減少させることができた。

## 6 計 測 機 器

計測機器は高い安定性を確保することを第一の目標にしてディジタル的な計測法を全面的に採用している。通常の船型試験で測定する曳引車速度、対水速度、抵抗、スラスト、トルク、回転数等は 2 秒毎に 2 秒間の単純平均の形でプリンターから同時に打ち出される。

曳引車の速度はタッチローラーに 1080 PPR のフォトランジスター式パルス発生器を直結して 1m/sec 当り 5kc のパルス信号を得ているが、サンプリング周期を考慮すれば分解能は 0.1mm/sec である。曳引車の速度は流速計の検定や特別な場合を除いて参考データとして計測する。通常の船型試験では翼車式流速計による対水速度を解析に使う。流速計は翼車軸に直径約 18mm、歯数 50 のステンレス製の小さな歯車を装着し、これに電磁パルス発生器を近接させて 50 PPR の正弦波信号を取り出し、これを 2 回両波整流、波形整形して 200 PPR に相当するパルス信号を得ている。翼車のピッチは分解能が 1mm/sec 程度になるように定められているが、速度と読みの関係は完全に直線的でないために校正曲線を併用している。この流速計の再現性は 0.8~3m/sec の速度範囲で表示速度の  $\pm 0.1\%$  以下で、1 個の翼車で通常の船型試験の速度を全部カバーする。

抵抗動力計はゲージバー式と同じ複合挺子方式で、復元バネにはトーションバーを使用している。動力計の精度は 2kg 以上で  $\pm 0.1\%$  以下、容量は 50kg である。トーションバーで平衡させる抵抗は最大 1.5kg で、残りは重錘で平衡させる。トーションバーは材料を厳選すればヒステリシス性能をも含めて直線性が 0.05% 程度の性能は容易に得られる。バーで平衡している荷重の大きさは挺子の傾きを特別な検出器で 2 個のパルスの位相差に変換し、この 2 個のパルスでゲート回路を制御してディジタル化している。第 5 図にその原理図を示す。

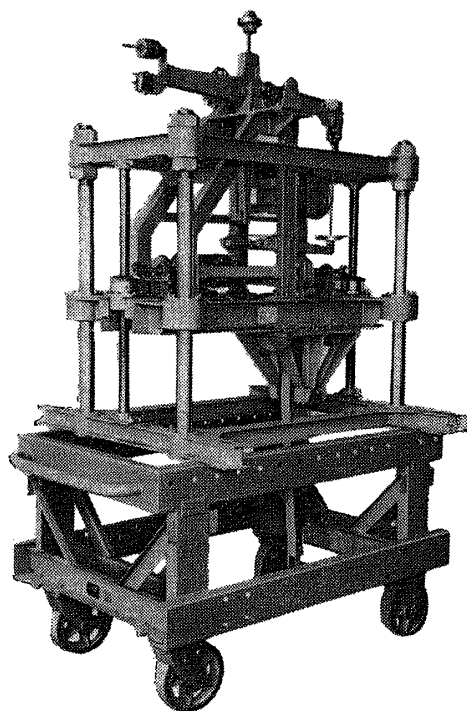


第 5 図 角変位検出の原理

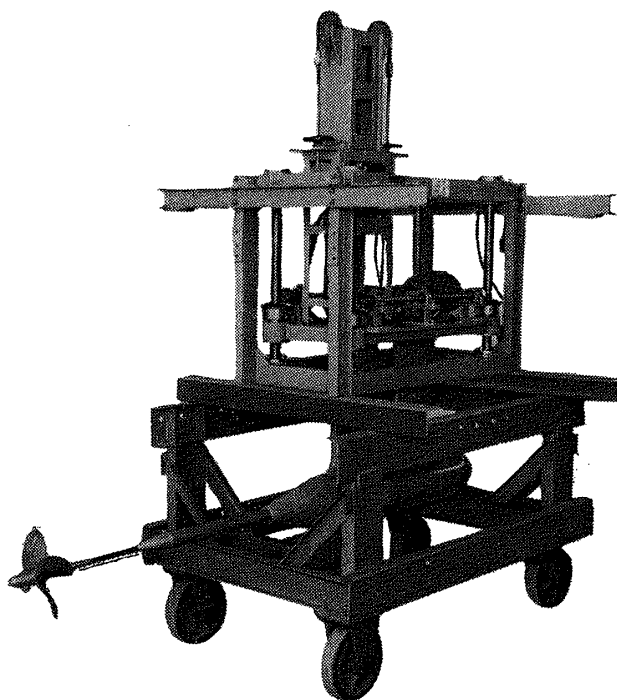
この方式はゲート回路までは本質的にアナログ量であるが、周辺条件の影響を受けにくい位相差で、しかも信号の増幅は恒温槽内の定増幅率増幅器で行なうために安定度が極めて高く、検出器からプリンターまでのゼロドリフトはフルスケールの  $\pm 0.05\%/day$  以下である。これは従来の方式とは比較にならない値で、計器の電氣的ドリフトは完全に解消されたといつてよい。検出器よりのパルスの周波数は 2.5kc で、換言すればサンプリング周期が 400μsec であるということ、で、変動量に対しても十分安全であるといえる。抵抗のみならず、他の動力計における力の測定も全く同じ方法によっている。

自航動力計は、トルクの検出はモーターの固定子反力によるが、スラストは従来のすべり継手による方法を廃してダイヤフラムで一種のたわみ継手を構成し、スラストに比例したダイヤフラムの変位をプロペラ軸側に装着された 2 個のヘリカル歯車と電磁パルス発生器で 2 個のパルスの位相差に変換している。第 9 図は原理図を示す。

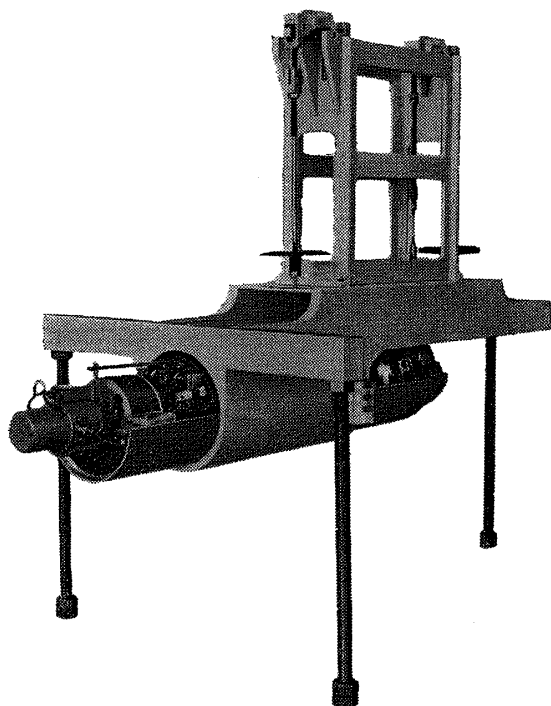
動力計は容量がトルク、スラストについてそれぞれ 0.65kg-m, 20kg ; 0.38kg-m, 10kg ; 0.19kg-m, 5kg ;



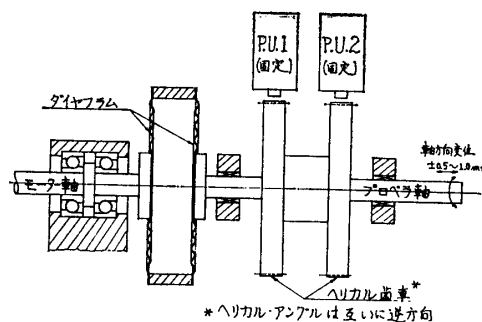
第6図 抵抗動力計



第7図 1KW プロペラ動力計



第8図 1KW 自航動力計



第9図 スラスト検出の原理

の三種のものがあ、最高回転数はそれぞれ 1,500 RPM で、精度はいずれもフルスケールの  $\pm 0.2\%$  以下である。

上述の自航動力計はケーシングを交換すれば直ちにプロペラ動力計として使用できるが、プロペラ動力計としてはこのほかに容量が 8 kg-m, 200 kg, 1,350 RPM のものがある。検力機構は自航動力計と全く同一であるが、減速歯車を交換することによって 16 kg-m, 675 RPM まで計測が可能である。

## 7 自航試験

従来自航試験は計測者の経験に頼るところが多かつたが、これを自動化することに成功した。自航状態の模型船に働く力の平衡式は

$$M \frac{dV}{dt} = T - \frac{1}{1-\xi} (R_m - \Delta R_f) \quad (1)$$

で表現される。ここで  $M$  は模型船の見掛質量、 $V$  は速度、 $T$  はスラスト、 $1-\xi$  はスラスト減少率、 $R_m$  は全

抵抗,  $\Delta R_f$  は摩擦修正量である。今,  $1-\xi$  および  $\Delta R_f$  はねらつた速度の近傍で一定であるとし, 模型船の最終速度もそれよりあまりへだたりがないと仮定すれば, (1) 式のスラストと抵抗は

$$T = T_0 + \frac{\partial T}{\partial V}(V - V_0) \quad (2)$$

$$R_m = R_{m_0} + \frac{\partial R_m}{\partial V}(V - V_0) \quad (3)$$

で近似される。ただし,  $T_0$ ,  $R_{m_0}$  はそれぞれ模型船の最終速度  $V_0$  におけるスラストと抵抗を表わす。

これらの式より模型船が曳引車加速終了後クランプから開放されてからの加速度を容易に誘導することができて, それは

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(\alpha - \beta)}{M} (V_1 - V_0) e^{(\alpha - \beta) \frac{t}{M}} \quad (4)$$

で与えられる。ただし,  $\alpha$ ,  $\beta$  はそれぞれ  $\partial T / \partial V$ ,  $\partial R_m / \partial V$  を, また,  $V_1$  はクランプ開放時の曳引車の速度を表わす。

ところで, クランプ開放時のプロペラ回転数の過不足  $\Delta n$  によるスラストの過不足  $\Delta T$  は, スラスト係数を  $K_T = K_{T_0} - kJ$  なる一次式で近似すると

$$\Delta T \approx \left\{ 2K_{T_0} - k \frac{(1-w)V_1}{nD} \right\} \rho n D^4 \cdot \Delta n \quad (5)$$

で与えられ, これが (4) 式で  $t=0$  としたときの加速度による力と平衡するはずであるから

$$\Delta T = M \left| \frac{dV}{dt} \right|_{t=0} \quad (6)$$

(5) 式において,  $n$  はプロペラ回転数,  $D$  はプロペラ直径,  $1-w$  は伴流率,  $\rho$  は水の密度, そして  $J$  は前進係数を示す。(6) 式に (5) 式を代入すると

$$\left| \frac{dV}{dt} \right|_{t=0} \approx \frac{1}{M} \rho n D^4 \left\{ 2K_{T_0} - k \frac{(1-w)V_1}{n} \right\} \cdot \Delta n \quad (7)$$

また, (4) 式を 2 回積分してクランプ開放後  $\tau$  秒後の曳引車と模型船間の相対変位  $\Delta S$  を出ると

$$\Delta S = - \left[ \frac{M}{\alpha - \beta} \tau - \left( \frac{M}{\alpha - \beta} \right)^2 \left\{ e^{(\alpha - \beta) \frac{\tau}{M}} - 1 \right\} \right] \left| \frac{dV}{dt} \right|_{t=0} \quad (8)$$

を得る。(7) 式を (8) 式に代入すると回転数が  $\Delta n$  だけ過不足のときのクランプ開放  $\tau$  秒後の模型船と曳引車の相対変位  $\Delta S$  が次式で計算される。

$$\Delta S \approx - \rho n D^4 \left[ \frac{\tau}{\alpha - \beta} - \tau \frac{M}{(\alpha - \beta)^2} \left\{ e^{(\alpha - \beta) \frac{\tau}{M}} - 1 \right\} \right] \left\{ 2K_{T_0} - k \frac{(1-w)V_1}{nD} \right\} \Delta n \quad (9)$$

この式を使つて, 自航模型船のプロペラ回転数を自動修正する。すなわち, プロペラ回転数と共に  $\Delta n / \Delta S$  の値をプロペラモーター制御装置に設定しておき, 曳引車が定速に達すると一度クランプを  $\tau$  秒間開放し, そのときの相対変位  $\Delta S$  を計測して  $\Delta n / \Delta S$  の値との積でプロペラ回転数を加減する。回転数の修正が終了したならば再びクランプを開放し, 曳引車を模型船に追従させて計測を開始する。ただし, (9) 式は近似式であるから実際の試験に当つては修正ゲイン調節の形で走行前に若干の手動調整が必要である。

$\Delta S$  の計測は摩擦修正装置のプーリー軸に結合したシンクロレゾルバとサーボ装置で行なつている。また, クランプの開閉や回転数の修正等の機器の操作とタイミングは全てカードによるプログラム制御により, 試験は自動的に実施される。この方式の採用によつて 100 m の比較的短い水槽で 7 m 模型船の自航試験がわりあい容易にできるようになり, 且つ試験にベテランの計測者を必要とせず, 要する人員の数も 2 名あれば十分となつた。

## 8 付 属 工 場

水槽に続いて附属工場を有し, 一階にパラフィン模型船の製作工場と計測機器の補修整備等を行なう計測機器整備室と機械工作室, 二階に製図室, 解析室等を持つている。

附属工場は鉄骨スレート張り, 壁のみ二重構造で東西約 45 m, 南北約 15 m, 約 680 m<sup>2</sup> の建造, 仕上関係の工場と約 220 m<sup>2</sup> の前記工作関係室とより成つている。模型船は原則としてパラフィン製で 7 m を標準とし, 8 m まで製作可能である。

主要な機械設備として次のものを有する。



コオージネート・プロッター, 4m500×1m000 精度  $\pm 0.02$  mm/m

模型船切削機, (水線, 縦截線, 肋骨線切削可能) 切削可能最大模型 8m700×1m600×925

パラフィン溶解罐, 電熱 20kW 間接加熱圧力式,  $4\text{ kg/cm}^2$  容量 1600 kg

プロペラ切削機, 切削可能模型 直径 100mm~400mm 翼数 2~7 油圧倣い方式 (将来数値制御切削が可能)

その他, 旋盤, フライス盤, 木工用機械, プロペラドリリングマシン, 粘土攪拌機, 上面切削機, スポット溶接機等を設備しているが, いずれも極く普通のものであるので詳細は省略する。

なお工作室は冬期暖房設備を有しており,  $15^{\circ}\text{C}$  以下に下らぬようになっている。夏期は通風換気のみ行ない, 居住区以外は現在の所冷房は行なっていない。

## 9 あとがき

本水槽を建設するに当たっていろいろ貴重なご教示を賜った東京, 横浜, 大阪, 九州の各大学および運輸省, 防衛庁, 三菱長崎の各研究所その他の方々には厚くお礼申し上げます。とくに応用力学研究所の方々からは水槽のいろいろの細かいデータまで教えていただき, 船舶技術研究所の方々には始めの計画から模型工作法にいたるまで種々の技術指導を, また防衛庁技術の方々には模型プロペラ製作等のご指導をいただきました。また建設にご支持, ご協力をいただいた当社真藤副社長外船舶事業部の方々, 水槽建設に際していろいろお世話になった当社施設部, 電気技術部, 生産技術部, 工事本部, 運搬機械事業部および産業機械事業部の方々その他にも厚くお礼申し上げます。また建設にあたってご助力を仰いだ当社中村技術研究所長外研究所の方々, とくに身を削って私共を助けていただいた船舶研究部の諸君に深甚の謝意を表します。なお本水槽建設中に不幸病魔で倒れた元船舶研究部長末次一誠氏に深く哀悼の意を表します。

なお本試験水槽の主要な工事を分類すると下記のようになる (製作者は括弧の中に示す)。あわせてこれらの関係者の方々にも謝意を表します。

水槽および附属建屋工事 (清水建設株式会社)  
 同 設計 (西村建築設計事務所)  
 曳引車 (当社)  
 同 制御装置 (株式会社安川電機製作所)  
 レール敷設および調整 (常磐工業株式会社)  
 配管工事 (東横工業株式会社)  
 模型切削機 (Kempf-Remmers 社)  
 プロペラ切削機 (株式会社牧野フライス製作所)  
 各種動力計 (大和製衡株式会社)  
 記録装置その他 (株式会社小野測器製作所)  
 パンチカードシステム (当社および東京電気化学工業株式会社)

## 参考文献

1. 杉浦守彦, 高精度長大平面の精密計測, 石川島播磨技報 1967 年 3 月