

(昭和 47 年 10 月日本造船学会秋季講演会において講演)

## 三鷹第 3 船舶試験水槽の建設について

正員 横 尾 幸 一\* 正員 高 橋 肇\*  
 正員 田 中 拓\* 正員 門 井 弘 行\*  
 正員 北 川 弘 光\* 正員 武 井 幸 雄\*  
 正員 上 田 隆 康\* 正員 川 上 善 郎\*  
 荒 井 能\*

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

by Koichi Yokoo, *Member*, Hajime Takahashi, *Member*,  
 Hiraku Tanaka, *Member*, Hiroyuki Kadoi, *Member*,  
 Hiromitsu Kitagawa, *Member*, Yukio Takei, *Member*,  
 Takayasu Ueda, *Member*, Yoshiro Kawakami, *Member*,  
 Chikara Arai

### Summary

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.

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 tunnel 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 towing carriage any one can drive.

## 1 緒 言

試験水槽施設というものは大型が必ずしも万能ではなく、目白の施設を日本造船技術センターに譲渡するに当って、中型試験水槽を設置する必要性が痛感された。400m 水槽(正式名称は三鷹第 2 船舶試験水槽)<sup>1)</sup>は大型船、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の研究、高レイノルズ数における各種実験等数多くの研究に絶大な威力を発揮するが、一方、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、制限水路影響の研究とか風と波が共存する海面に相当する状態での実験等ができない。船舶技術研究所ではこれらの研究を行うために、長さ 150 m、幅 7.5 m、深さ 3.5 m の中型試験水槽を完成したので、その建設の概要について報告する。

## 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の実験、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。

\* 船舶技術研究所 推進性能部

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、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、停止を考慮して最小必要長さとして 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、7.5m (幅)、3.5m (深さ) 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にたとえば Air Cushion Vehicle の実験等を考慮し、さらに減速度を 0.6g にとって、6 m/s が決定された。水槽の長さの割りに最高速度が大きくしかも計測時間を長くとりたいたいといったよくばった要求のために、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も本格的に行うるようになり、水槽水の深さを加減できるようにするとともに、浅水中での造波も可能なように、水槽側壁および造波機の設計にあたっては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、および

側面消波装置.....136

曳引車制御装置..... 37

計測設備..... 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。

### 3 水槽本体および建屋

**概要** 本水槽は、400m 水槽の東側に並行に設置された。両水槽の間隔は、400m 水槽の側壁に影響のない最小距離として両側壁の内法で 15.25m 離してある。建屋と水槽の基礎は切離され、それぞれには G. L. (ground line) から約 10m 下の砂礫層に達する杭を打った。

図 1 に示すように、水槽建屋は、実験準備場 (北側) と水槽場 (南側) とに分けられるが、その主要寸法を示すと次の通りである。

	長 さ	幅	高 さ
実験準備場	47.0m	14.0m	10.3m
水槽場	135.0m	11.4m	5.2m

実験準備場は吹抜けであるが、北端部の 5m の部分は 3 層とし、1 階は計測器等の調整室、2 階は研究室、3 階は資料室とした。水槽場南端部には造波装置操作室、変電室およびポンプ室が設けられた。また本水槽に必要な電力は、400m 水槽動力室より分岐し、実験準備場西側の外に受変電キュービクルをおいて供給される。

**水槽本体** 水槽本体は、内法で 140m×7.5m×3.9m の主要寸法を持っている。水槽設計の重要な要素の一つとして水槽天端 (頂部) と G. L. の関係を検討する必要がある。本水槽の場合使い易い水槽の立場から、床の高さを極力平坦にとりながら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十分検討して、図 2 に示すように水槽天端の高さは G. L. 上 1.3m、底盤は地中 2.6m とした。

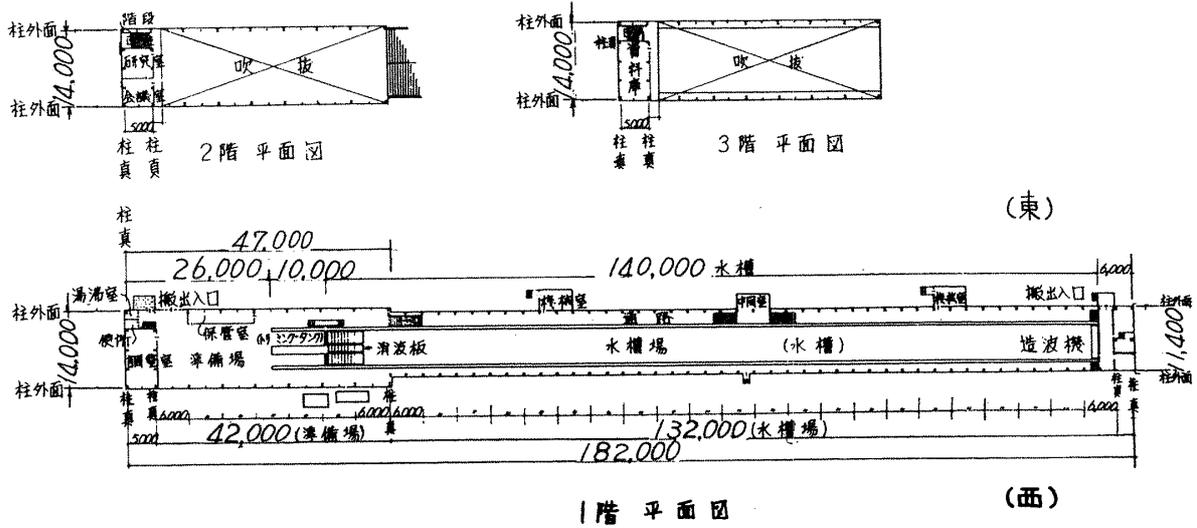


図1 配置図

水槽断面は、浅水水槽としても使用するため乾水状態にも耐えるように、一般の水槽よりも堅牢に設計され、底盤は厚さ 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。またこの水槽には、伸縮継手がなく、底盤と側壁下端部のコンクリートの打継部に止水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の幅の変動は、水槽周囲の埋もどし前の過満水テストで約 5 mm であったが、完成後 1 mm 以下となり、所期の目的を達している。この他、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 箇所の底盤等に取付けられ観測を続けているが、現在のところ特に目立った応力を示しているものはない。

水槽の内壁の仕上げ精度は、水槽建設で困難な問題の一つであるが、特にこの水槽は、浅水水槽として使用するため底盤の仕上げ精度が重視された。そのために、底盤はモルタル仕上げとしたが、仕上げ後の検査によれば、高低差は約 5 mm であった。側壁の内壁はグラインド仕上げであるが、当初に定めた工事仕様の「側壁の waviness の振幅は 10 m 以下の波長において 5 mm を越えない」という目標を達していることがわかった。

浅水水槽として使用するため、水槽水の給排水の能力を重視した。給水能力は約 6 cm/時、排水能力は自然排水を併用すれば約 20 cm/時 となっており、自動給排水装置を備えている。また、水槽水温の均一化を兼ねて浄化装置 (60 ton/時) を設備した。本装置の吸水管は浅水実験の時には取りはずせる形で底盤に敷設し、浄水の吐出口は西側壁の、水面下 0.9 m の所に 10 m ピッチで設けた。本装置の運転により、水槽水上下の温度差約 5°C 程度は、一晩ではほぼ均一化される。

**建屋** 建屋は鉄骨構造で ALC 板 (軽量コンクリート板) を壁および天井に用い、屋根および実験準備場周囲には亜鉛カラー鉄板を使用して、400 m 水槽との調和を保つように考慮した。

実験準備場 (写真 1) には天井走行のクレーンを設備したが、このクレーンは主水槽の北端から 11 m のとこ

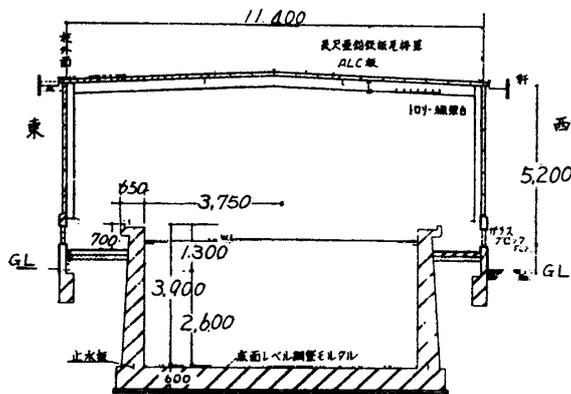


図2 水槽断面図

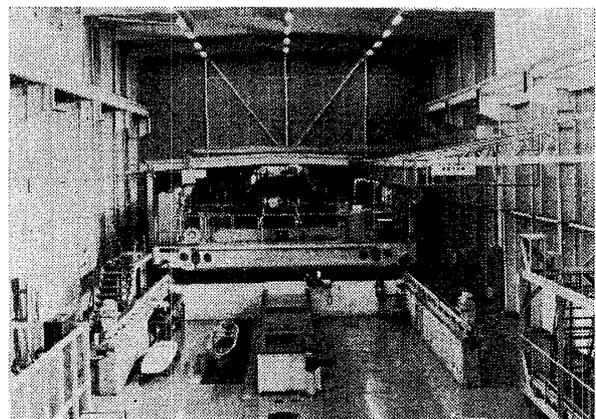


写真1 実験準備場

ろまで可動しうる。これは近年、模型の種類が多様化しているので、 $10\text{ m} \times 1.2\text{ m} \times 1.7\text{ m}$ （深さ）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）があることと送風機の着脱のため、主水槽の一部で実験準備が可能なるように考えたものである。また実験準備場には、計器調整室・保管室のほか、約  $220\text{ m}^2$  のスペースを設けて各種の地上テストの便宜を計った。これらの空間は、単に実験準備のための作業場としてばかりではなく、精密な計測器を扱う実験室となるように、粉末の出やすい床モルタル仕上をやめてビニール系の塗り床とした。

水槽内の照明は、完全な人工照明とする方が微生物発生の防止と撮影光量のコントロールに適しているが、作業環境が悪くなることは避けられない。本水槽では、水槽通路の足もとにガラスブロックの採光窓を設け、水槽への直射光を避けながら、水面上で  $100\text{ lux}$  程度の光量を保つように工夫した。

最近、水槽の中間で種々の観測または波高等の計測を行う実験が多くなっている。しかしこのために水槽通路の全体を広くとることは不経済であるので、水槽東側中央に約  $35\text{ m}^2$  の中間室を設け、計測が容易に行えるようにした。

#### 4 レール

曳引車走行用レールに関しては、 $400\text{ m}$  水槽建設時の経験を生かし、レールの加工、継目の接続、溶接等はほとんどその際に使用した方法をそのまま採用した。すなわち、レールとしては JNR 50 T レールを採用し、レール頭部についてはその上面および両側面を切削研磨し（真直度  $\pm 0.02\text{ mm}$ 、表面粗度 6 S 以上）、レール底部についてはその下面と両側面を切削加工した。その後、レール両端部をフライス加工し、所定の  $5.598\text{ m}$  の長さとした。現場においてはまずレールの脚部両側面に継目板を当て、コッターとボルトにより締めつけ、しかる後レールと継目板を溶接して接続し、長さ  $149\text{ m}$  の 1 本のレールとした。現場でレールを接続する場合、その突き合せ面に食い違いが生じないようにするため、継目板とレールはあらかじめ組合せを決めて番号を付し、各組毎に脚部両側面を機械加工した。

また、レール端面の頭部をのぞく脚部と底部は  $0.05\text{ mm}$  のぬすみを取り、コッター等の締め付けによりあらかじめ接続部の上面にわずかに上向きの変位を与え、溶接後に残った上向きの歪を平面グラインダーで仕上げ真直となるようにした。

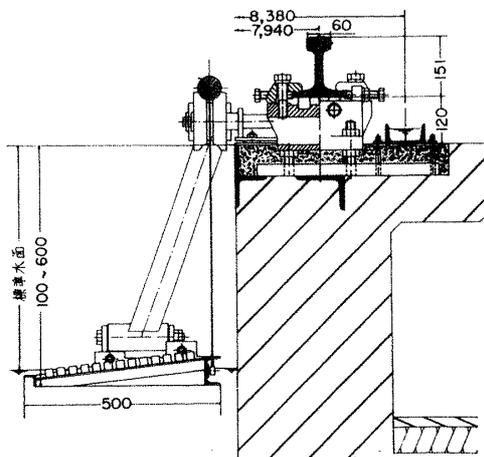


図3 チェアおよび側面消波装置

チェアは図3に示すような構造であって、レールの高低と傾きの調整は  $1/6$  の勾配をもつ左右 1 対の楔の出し入れで行われ、レール側面の真直度の調整は左右 1 対のおしボルトにより行われる。高低調整用の楔は  $1/6$  と比較的大きな勾配をもつので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。

チェアの設置間隔は、曳引車の振動の問題と関連して、 $933\text{ mm}$  とした（5 参照）。

レールの敷設精度としては、レール頭部上面の真直度（高低差）は  $\pm 0.2\text{ mm}$ 、頭部側面の真直度は、西側（基準レール）が  $\pm 0.1\text{ mm}$ 、東側が  $\pm 1\text{ mm}$ 、レールの傾きは  $\pm 1\text{ mm}/1\text{ m}$  とした。

なお、曳引車走行時のレールの撓みをダイヤルゲージにより計測したが、チェアに支持されたレールの中央での撓みは、一般部で約  $0.20\text{ mm}$ 、継目部で  $0.16\text{ mm}$  であり、継目部でも一般部と同等以上の強度を有することが確かめられた。

#### 5 曳引車

計画 本水槽の曳引車は、30 分程度取扱説明書を読むことにより、簡単にしかも安心感をもって実験ができるようにすることを最大のねらいとして計画された。したがって、構造部分は局部的にも全体的にも堅牢にすること、設置する機器は必要最小限度にとどめ極力簡明化すること、運転・実験に関する操作はなるべく少なく、しかも簡単にできること、操作ミスがあっても十分な安全対策が講じられていること、保守箇所は少なく、

表1 曳引車主要目等

構造部		車輪	直径 $800^{+0.025}$ mm, 踏面幅 $80 \pm 0.03$ mm
長さ (横主桁の外間隔)	8.600m	材質	SSW-Q1, 表面硬度 $H_S$ 50~53
幅 (縦主桁の外間隔)	8.800m	減速ギヤ	材質 大, 小歯車とも SCM 2, 3
桁深さ (横主桁の中央部)	0.800m	歯切精度	シングルヘリカル JIS 1級
縦主桁の幅	1.400m	モジュール	2, 減速比 301:45
横主桁の幅	1.300m	バックラッシュ	0.17~0.23 mm
主桁の下面から基準水面までの距離	0.700m	モータ	30 kW, 30 sec 定格, 956 rpm 4 台
計測区域		制動装置	
広さ	6.000m×6.000m	回生制動	0.01~0.08 g
計測桁寸法		パネ制動 (4段切換)	0.04~0.15 g
断面	0.300m×0.300m		レール側面をパネ力とシューによつて締めつける。解除保持は油圧力による。
長さ	5.990m	非常制動 (水槽南端に設置)	0~0.7 g
計測桁下面から基準水面までの距離	0.700m		オフィスから噴出する流体抵抗力を利用
計測レールの内面間隔	1.470m	曳引車速度 (単体時)	0.100~5.999 m/s
計測レールの長さ	5.980m	曳引車常備重量	23.6 ton
計測レール上面から基準水面までの距離	1.037m	制御方式	デジタル速度検出式自動速度制御, AC 415 V 3φ 十字結線可逆サイリスタレオナード
西計測床の広さ	6.000m×2.100m		
東計測床の広さ	6.000m×1.950m		
駆動部			
4輪駆動			
ホイールベース	7.240m		

しかもその作業は簡単であることなどのほかに、定速度走行性能を高度に保持し、高感度検出器を実験に使用する場合の障害となる振動を極力軽減すること、実験環境の向上を計るために騒音を少なくすること、実験の多様性に十分対処できるような構造配置にしておくことなどに計画の重点がおかれた。前記の実験の多様性とは、長水槽で一般に行われている諸種の実験のほかに、①浅水時の抵抗・推進性能試験、②風浪中の抵抗・推進性能試験、③海洋開発用構造物に関する諸試験、④風浪中の A. C. V. に関する諸試験をも可能にすることである。また、走行用電力の変換にはサイリスタレオナード電源装置を採用して保守の簡易化をはかり、さらに同装置を曳引車に搭載してトローリー線の節減をはかった。完成した曳引車の主要目等を表1に全景を写真2にそれぞれ示す。

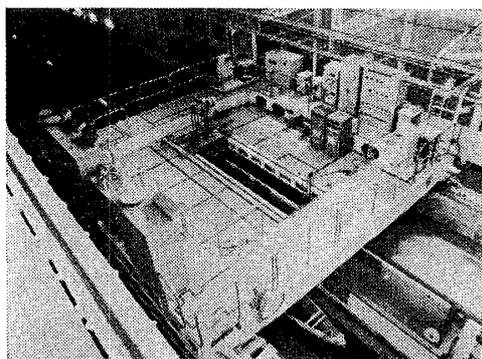


写真2 曳引車全景

構造部 ボックスガードには、①重量が大きくなり、このために大きな動力を要したり、外乱力が大きくなったりする傾向にある、②レールの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、などといった不利な面が考えられるが、計画の項で述べた諸事項を具備させること、曳引車上をできるだけクリアにしたいことのほかに、設計・工作が容易であることなどの面を考慮した結果、主構造をボックスガードで構成することにした。

主構造および一般配置を図4に示す。主構造は前・後横桁、東・西縦桁の4本の主桁で構成され、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にした。前・後横桁の桁下面と基準水面との間隔は、トリミングタンク中での供試物体の浮上高さを想定して700 mm とし、桁高さは桁の垂直撓み剛性、駆動部の桁内完全収納などから800 mm とした。桁幅は制動時の水平曲げ剛性、駆動部収納の関係、最適ホイールベースなどの要因から1,300 mm とした。東・西縦桁の寸法は、主桁の上面をそるえること、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された。横桁の剛性に関して、中央集中荷重をかけ荷重点の撓みを計測した結果、垂直方向 2.3 ton に対し 0.17 mm, 水平方向 5 ton に対し 0.41 mm であった。また、この横桁上に強制振動機をのせて上下方向の個有振動数を調べた結果は約 15 Hz であった。

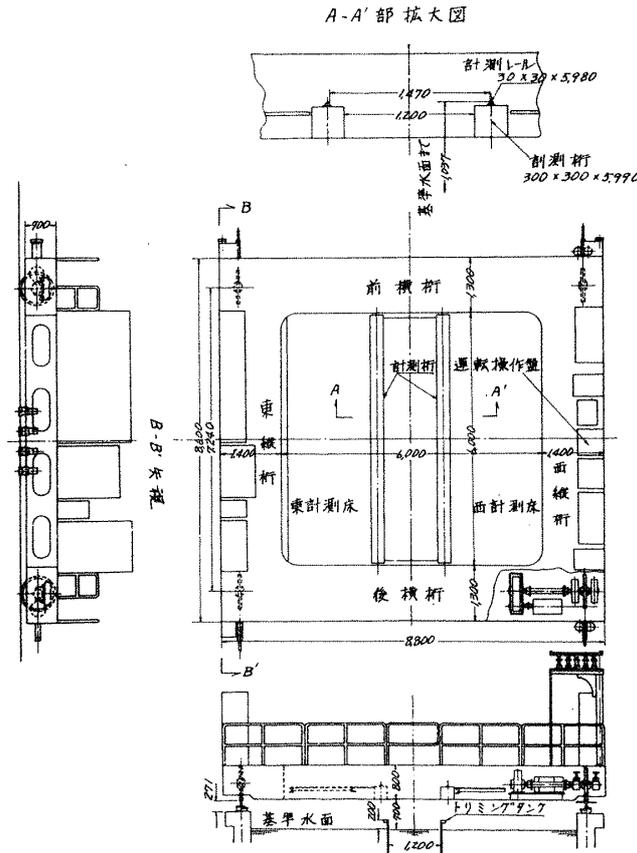


図4 曳引車の一般配置図

計測桁は断面  $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$  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  $4.5\text{ m}$  のレールが設けられているが、このレール上の任意の位置に水平状態で計測桁を設置することができる。2本の桁相互の内幅がトリミングタンク幅と同じ  $1,200\text{ mm}$  となる位置が計測桁の標準設置状態である。この状態において、計測桁上面に取付けられている計測レール ( $30\text{ mm} \times 30\text{ mm}$  長さ約  $6\text{ m}$  ステンレス製) の内面間隔は  $1,470\text{ mm}$  で、このレール上面から基準水面までの距離は  $1,037\text{ mm}$  である。計測桁は計測床と切りはなし、床上の計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した。計測桁は両端固着だけであるため、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、溶接組立後完全な焼鈍処理が施された。計測桁の強度は桁1本につき中央集中荷重  $650\text{ kg}$  に対し荷重点の撓み  $0.8\text{ mm}$  である。また、計測桁上に強制振動機をのせて上下方向の個有振動数を調べた結果は約  $13.7\text{ Hz}$  であった。計測機器取付け部分の概要は図4中の拡大図に示すとおりである。

浅水実験用として特別の計測架台が製作された。本架台は、曳引車の計測区域をクリアにしてから取付けるようになっている。本架台を使用すれば  $0.5\text{ m}$  の水深までの実験が可能である。

**駆動部** 本曳引車は4輪駆動である。駆動部の構成としては、組込み、分解、調整などの作業の容易性を十分考慮した結果、東大船型試験水槽曳引台車<sup>8)</sup>とほとんど同じ方式が採用された。曳引車単体(常備重量  $23.6\text{ ton}$ )のとき最高速度  $5.999\text{ m/s}$ 、送風台車(送風機搭載時重量  $10\text{ ton}$ )連結時には  $5\text{ m/s}$  であるため、モータの出力は30秒定格  $30\text{ kW} \times 4$  台とした。駆動部の主要目を表1に示す。

**駆動用動力装置** サイリスタは循環電流制御式可逆十字結線として電動発電機と同様な特性を持たせた。また、サイリスタによる電源幹線への妨害を軽減するために絶縁用トランス ( $415\text{ V } 3\phi, 100\text{ kVA}$ ) を曳引車に搭載した。駆動部用モータは直流分巻式とし、各モータの界磁電流を  $\pm 10\%$  程度分流抵抗器により調整して、各車輪に加わる曳引車荷重の不同を補正し得るようにした。予備試験結果によればモータの最大加速トルクにおいても車輪のスリップは生じなかった。したがってすべてのモータの界磁電流を  $10\%$  増しとした。

**運転制御装置** 駆動用にサイリスタを使用したこともあって制御系の共振周波数は約  $5\text{ Hz}$  となった。デジ

チェアピッチ、ホイールベース、チェアシフトなどを決める場合はレール撓みによって発生する上下振動外力を極力小さくするように考慮しなければならない。チェアピッチ  $l_c$  は、文献2)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、研磨機械の容量をも考えることなどから  $933\text{ mm}$  とした。ホイールベース  $l_w$  は計測区域(後述)の長さ、駆動部の配置などの関係から  $7,240\text{ mm}$  とした。このホイールベースは  $l_w \doteq l_c (7+0.76)$  となっている。東西レールのチェアシフトは曳引車中央部における上下振動加速度が最小となるように、チェアピッチの  $1/2$  をシフトした。

**計測区域** 4本の主桁に囲まれた領域はいわゆる計測区域として使用するところであり、長さ  $\times$  幅  $= 6\text{ m} \times 6\text{ m}$  とした。この長さは通常の実験においては、長さ  $5\text{ m}$  程度の模型船を使用できるようにしたものであり、幅はレール間隔、東西桁の桁幅などの関係から決定された。この計測区域には、曳引車の通常の使い方では、計測機器取付け用レール(以後計測レールという)の敷設された計測桁を2本取付け、その両脇に計測床が設けられている。しかし、曳引車の特殊使用に対しては、この計測区域を完全にクリアとすることもできる。

タル速度検出には 3000 パルス/回転のシャフトエンコーダを使用し、デジタル速度演算装置はほとんど IC を用いて構成されているが、検出車輪の径および演算装置の動作は 400m 水槽のものと変わらない。曳引車の速度設定にはデジスイッチを使用し、曳引車の走行中に設定値を変更しても走行速度に影響はないが、速度変更ボタンをおすとその時の設定速度に変更されるようにした。また、運転操作盤には必要最少限のおしボタン、表示器等のみを残し、他の計器等はすべて制御盤の方に置いた。曳引車の運転操作盤を写真 3 に示す。

**トロリー線およびパンタグラフ** トロリー線は A.C. 415 V 3φ 用 110□ 3 本、信号用 50□ 2 本、計 5 本の剛体トロリー線を使用した。パンタグラフは 1 回路 2 個計 10 個である。曳引車上には前述の駆動用絶縁トランスのほか、415 V/210 V 3φ 50 kVA、415 V/105 V 1φ 15 kVA の絶縁トランスならびに 105 V 1φ 3 kVA の定電圧電源装置（計測器用）を設置した。

**制動装置** 表 1 に示されているように回生制動、パネ制動、非常制動の 3 種類の制動装置が設けられた。前 2 者の制動装置については改めて記述するまでもないので省略する。非常制動装置の制動力は表 1 に見られるようにかなり大きな値となっているが、これは短い水槽においては、非常制動用に必要な距離を極力小さくするためである。計測員に対する危険度、曳引車の損傷限界などから考えて減速度の最大値を 0.6~0.7 g（曳引車単体 5.999 m/s で 0.6 g、送風台車連結 5 m/s で 0.7 g）とし、制動距離を 3.400 m におさえた。制動距離が一定であるために、突入速度  $V$  と減速度  $\alpha$  との関係は曳引車単体時を例にとると、大体  $\alpha = 0.6 g \times (V/6)^2$  の関係になっている。安全性の確保に万全を期すため、無接触リレーを使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もちろん常時確保されている。南進時は低速時（3 m/s 未満）と高速時（3 m/s 以上）とを作動位置によって分け、回生制動の全力値 0.08 g が自動的に作動して非常制動装置に到るまでに停止させる。北進時は低速時に回生制動の 0.08 g が、高速時はこの 0.08 g にパネ制動の全力値 0.15 g が加わった制動力が自動的に作動して北端ストッパーに到るまでに停止するようにされている。低速用、高速用のリレー機能の選択は速度設定と連動して行われる。

**性能試験** 各部の寸法計測、組立精度計測、車輪荷重計測、荷重に対する撓み計測、強制振動機による振動応答試験、車輪のスリップ試験、走行抵抗試験、制動装置の制動力試験などが行われたが、いずれも満足すべき結果であった。ここでは走行振動計測、走行風圧によって起こされる波の計測、実験環境の一つである騒音の計測および速度計測の 4 つの結果について述べる。

振動計測結果を図 5 に示す。図中の車輪軸受け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。計測桁の中央部においては、車輪軸受部のものの約 1.5 倍でありその振動数は走行速度にほとんど関係なく 21~23 Hz 程度であって外乱振動数よりもかなり高い。このことは文献 2) にも示されている。

ボックスガードの空気せきとめ効果の水面におよぼす影響については、曳引車（計測床は東西側とも取り付けられた状態）の完成直後、とりあえず基準水面での波の計測を行った。その結果の 1 例を示すと、 $V = 2.5$  m/s で波高  $H_w = 1.8$  mm、波長  $\lambda_w = 4$  m であった。曳引車に整流板を取付けたり、計測床を取りはずしたり、あるいは水面を下げれば、この波高もかなり小さくなるであろうことはいうまでもないが、ボックスガード式の曳引車を使用して波高計測を行う時には注意を要する。なお、この波高は、水槽中央部の幅中心位置に設置された容量型波高計（分解能  $\pm 0.3$  mm）によって計測されたものである。

環境騒音としては、曳引車のほぼ中央においたマイクロ

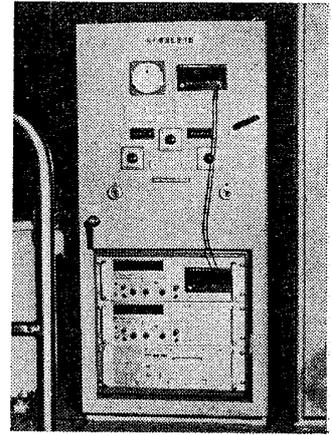


写真 3 曳引車運転操作盤

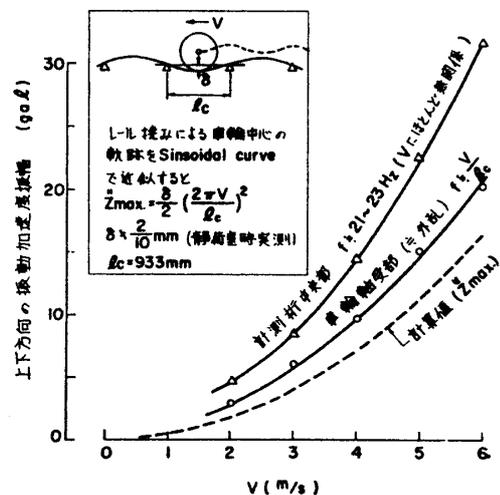


図 5 曳引車の上下振動加速度

表 2 送風台車主要目等

速度表示  
(m/s)

	0.100	0.300	0.500	1.000	2.000	4.000	5.999
01000	03001	05001	10001	20002	40006	59997	
01002	03001	05001	10001	20001	40005	59995	
01001	02998	05000	10000	20002	40005	59995	
01002	03001	05001	10001	20002	40002	59994	
01002	03000	05002	10002	20001	40001	59995	
01000	02999	04999	09999	20002	40001	59996	
01001	03000	05001	10001	20002	40005	59997	
01001	03004	05000	10000	20001	40004	59997	
01002	03000	05001	10001	20004	40004		
01000	02999	05000	10001	20001	40003		
01001	02999	05000	10001	20003	40003		
01002	03002	05001	10000	20002	40004		
01004	03002	05000	99999	20001	40005		
01002	03001	05000	10002	20002	40005		
01004	02999	05004	10000	20002	40003		
01000	03004	04999	10003	20001	40004		
01000	03000	05001	10001	20002	40002		
01003	03002	05002	10001	20003	40003		
01001	03001	05001	10001	20002	40003		
01002	03002	04999	10001	20002	40006		
01001	02998	04999	10002	20001			
01003	03000	05001	10001	20004			
01001	03002	05001	10001	20001			
01000	03002	04999	10001	20000			
01000	03001	05001	10002	20003			
01002	03002	05000	10001	20002			
01001	02999	05000	10000	20002			
01001	03004	05000	10003	20000			
01001	03000	05002	10000	20001			

サンプリング周期  
= 2 sec.

構造部	
長さ (横桁の外間隔)	5.000m
幅 (縦桁の外間隔)	8.240m
桁深さ	0.600m
桁の下面から基準水面までの距離	0.700m
駆動部	
1輪駆動 (自走行)	
構	成: 2.2 kW VS モータ, 電磁ブレーキ, サイクロ減速機, トルクリミッター, 手動クラッチ, 車輪 (直径 400 mm)
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	: 6.305m×4.006m×3.985m
送風機の重量	5 ton
吹出口面積	1.000m×3.000m
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 rpm (max 545 rpm)
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 (送風機完全搭載時)	10 ton

図 6 曳引車の速度記録

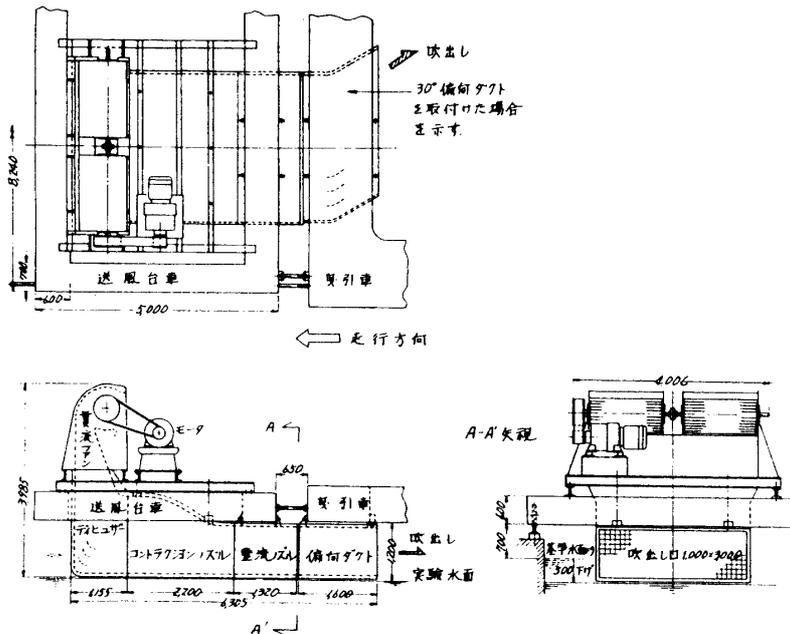


図 7 送風台車の一般配置図

フォンの最高値と最低値を計測した。停止時はその最高、最低がそれぞれ 72~68 ホーンであり、走行 2.5 m/s のときは、それぞれ 84~81 ホーンであった。停止時のものはサイリスタ冷却用ファン、バネ制動解除用油圧ポンプなどから発生しており、走行時はこれらのほかに、サイリスタ作動音、パンタグラフ摺動音などが加わっている。

曳引車速度の計測結果を図 6 に示す。これは 1 秒間の平均速度を記録したものであり、ほとんど  $\pm 0.3$  mm/s の範囲内に入っている。

**送風台車** 表 2 および図 7 に示すような送風台車が設備された。図に示すような送風機の運転状態では基準水面より 0.500 m 水位を下げなければならない。送風機を使用して実験する場合は、曳引車と連結して走行することをたてまえとしている。偏向ダクトは曳引車側に取付けられ、この偏向ダクトを取替えることによってモデルに斜め方向からも送風することができる。送風機は曳引車とは無関係に運転ができ、また送風台車は単体で最高 1 m/s の速度までは自走できる。送風機を使用しないときは、ファン・整流ノズル・偏向ダクトを切離し、モータつき主ダクトを約 1.2 m 引上げて台車上に格納することになっている。なお送風台車の前面にはモータによって昇降する水面掃除板が設けられている。本機の操作はきわめて簡単であり水面の掃除効果は良好である。

## 6 消波装置

**端部消波装置** トリミングタンク側の北端消波装置は、亜鉛メッキ鋼材による 3 層ビーチ式のもので、下層は長さ 6.5 m、上層は 5 m で幅はほぼ水槽全幅に渡っている。トリミングタンクの前は、浮沈式の 2 層のビーチになっており、駆動機にはワイヤ・ウィンチを用いている。ビーチの設計は、常用の規則波で 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。

造波機側の南端消波装置は、造波機がプランジャタイプのため固定ビーチ式のもの取付けられない。このため造波機構造物を利用して吊下げ式のビーチ (7.5 m × 0.5 m) を取付け、造波機を使用する場合には水面から持ち上げられるように工夫した。

**側面消波装置** 東・西両側壁に図 3 に示すようなビーチ式消波装置を設けた。消波板は 1 ブロックが長さ 3.732 m、幅 0.5 m のもの各 30 枚、約 112 m の間に敷設されている。消波板の構造は、形鋼材の骨組の上に簀子状に塩化ビニール角材を張ったものであるが、本装置は駆動部を除き 400 m 水槽の側面消波装置とほぼ同形になっているのでこれらの詳細は文献 1) を参照されたい。駆動部は電動とし、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。

## 7 造波装置

**計画** 船舶試験水槽用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一つとなっており、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前提に計画および設計を行った。

造波周波数は、水槽寸法および 400 m 水槽との関係などを考慮して比較的短波長の領域に焦点を合わせ、0.2~3 Hz を造波可能とし、波長・波高比  $\lambda/H_w = 40 \sim 50$  に対する造波特性が最適となるよう計画し、種々の造波様式を検討した結果、これらの条件を満足とするものとして、水槽有効長さの点でも有利な電動式プランジャ型の採用に踏切った。

電気油圧式は、造波機駆動形式としては最も適したものと考えられたが、造波水深が大幅に変わるという設計条件の点で、また使用頻度と保守上の問題などを考慮して、造波駆動機として直流電動機を用いることとした。

プランジャ断面形状については、Porter の断面を基礎とし、これに浅水時の造波効果を考慮して修正を加え、プランジャ形状としては、やや扁平な断面形状を採用した。

**概要** 造波装置の概要を図 8 に示す。本装置は、プランジャ本体・プ

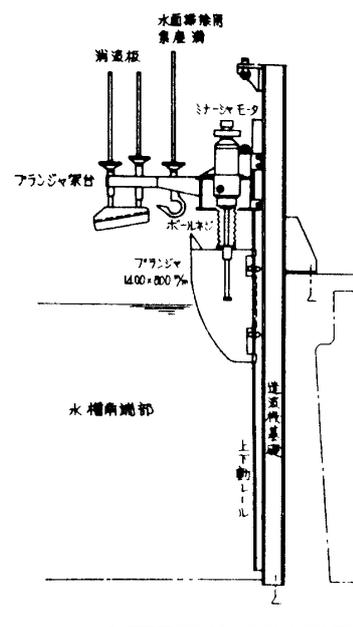


図 8 プランジャ型造波装置

ランジャ架台・駆動部・制御装置・および付属装置から構成され、駆動電動機としては、平滑電機子型直流モータ 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て、造波入力信号としては、低周波発信器・紙テープ読込装置・および磁気テープ読込装置が用意されている。また、起動停止に関しては、緩・急のモード選択が可能であり、曳引車上より遠隔操作を行うこともできる。

操作はきわめて簡単で、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の選択・設定を行い、操作盤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。さらに起動ボタンをおせば、プランジャ架台に取付けられたプランジャは、駆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。

## 8 計測装置

計画 基本計測機器として、平水中模型試験用のみを設計製作した。

本水槽の機能が多目的利用をたてまゝとして設計されていることを考慮して、計測機器についても汎用性を心掛け、例えば、計測機器の表示記録はすべて共用の表示記録装置により処理されるなど、機器出力の規格化、取扱いの簡易化を行った。また設計に際しては、特に次の3点を考慮した。

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 模型船寸法は、5m を標準とすること。

概要 計測装置を表3に示すが、以下にその主なものについて説明する。

### (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。カウンタウェイトは 500 g きざみで、その間の秤量は天秤に取付け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り出す。ダンパーは油式で制動が可変である。操作部には、カウンタウェイトの表示装置・差動トランス増幅器・動力計昇降用おしボタン等が配置されている。

### (2) 自航動力計

自航動力計は天秤式で、動力計主軸にスラスト逃げを設け、スラストは天秤により、またトルクは、動力計内部に収めた直流電動機の反力を天秤に伝えて検出する方式である。カウンタウェイトは抵抗動力計と同様、リードスクリュー送錘で、スプリングの変位量は差動トランスで検出する。ダンパーは油式可変である。また、プロペラ回転数はパルス発生器で計測する。操作部は抵抗動力計とほぼ同様である。なお、駆動電動機出力は 1 kW である。

表3 主要計測機の要目等

名 称	数量	容 量	形 式
抵抗動力計	1 台	10 kg	天秤式、アナログ出力
自航動力計	1 台	トルク 0.3 kg-m スラスト 10 kg	天秤式、アナログ出力
小型自航動力計	1 台	トルク 5 kg-cm スラスト 3 kg	ストレンゲージ型マルチダイヤル方式 アナログ出力
プロペラ単独動力計	1 台	トルク 1.5 kg-m スラスト 30 kg	天秤式、アナログ出力
流 速 計	1 台	0.3 m/s~4 m/s	翼車型、デジタル表示
トリム計付ガイド	1対	±50 mm (トリム量)	ポテンションメータ方式 アナログ出力
ク ラ ン プ	1 台	水平荷重 500 kg	ブレーキモータ ハサミ型
計測補助装置	2 台	±5,000 mV (18桁印字)	デジタルボルトメータ プリンタ・タイマー内蔵
記 録 計	2 台	1 mV~10 V	多ペンレコーダ

### (3) プロペラ単独動力計

天秤式であるが、自航動力計と異なる所は、トルク検出にベベルギヤー方式を採っていることである。カウンタウェイトはすべて手動操作であり、天秤変位量の検出には差動トランスを用いている。駆動電動機出力は 3.7 kW で、回転数はパルス発生器により測定する。供試プロペラは直径 200 mm を標準とした。

## 9 計 算 設 備

本水槽の稼動によって、推進性能に関連した研究ではさし当り約 8 割の水槽試験データの増加が見込まれているが、おそらく数年後には現在の 10 倍近いデータ処理が必要になると推定される。400m 水槽で使用していた既設の TOSBAC 3300 B 型電子計算機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 (16 KW) に交換し、周辺諸装置を補強した。一方本工事に関連して 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、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。

アナログデータに関しては、アナログ MT レコーダーに記録し、DATAC 2000 A データ集録装置を通して、計算処理をする方式とした。

## 10 結 言

以上述べてきたように本水槽は中型試験水槽としては世界に誇るべきものと思われ、数多くの特徴を備えている。

本水槽を建設するに当っては、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長崎研究所、石川島播磨重工技術研究所の方々にも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も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致します。

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、レール、側面消波装置、トロリー、送風台車：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) 横尾幸一他：三鷹第2船舶試験水槽の建設について、日本造船学会論文集第124号(昭和43年12月)または、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、西部造船学会報第32号(昭和41年7月)。
- 3) 乾 崇夫他：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)。