

(昭和 45 年 11 月日本造船学会秋季講演会において講演)

## 東京大学船舶航海性能試験水槽について (第 1 報)

正員 元 良 誠 三\* 正員 小 山 健 夫\*  
 正員 藤 野 正 隆\* 正員 伊 田 力\*  
 正員 小 柳 雅 志 郎\*

On the New Seakeeping Basin of the University of Tokyo (Part. 1)

by Seizo Matora, *Member* Takeo Koyama, *Member*  
 Masataka Fujino, *Member* Tsutomu Ida, *Member*  
 Masashiro Koyanagi, *Member*

### Summary

A new basin for seakeeping and maneuvering studies has been under construction at the Chiba Campus of the University of Tokyo and was completed in March 1970. The principal dimension of this basin is 50 m × 30 m attached with 30 m × 3.5 m approach way with 2.5 m of water depth. Most unique feature of this basin is that it is installed by a set of X-Y carriage, i. e., a main carriage which has 30 m span moves longitudinal way of the tank, and a subcarriage which is hanging down from the main carriage moves transverse way. Therefore like an X-Y recorder, the subcarriage can chase the model ship whatever the motion of it. The basin is also fitted by a hydraulic wave maker of 50 m length.

### 1 緒 言

東京大学ではかねてから耐航性および操縦性の研究用として角水槽の建設を計画していたが、幸い昭和 43 年度に建設費を認められ、43, 44 両年度に亘つて建設を行ない、この 3 月末に完成を見た。

本水槽の計画に当つては、稼働率の関係と、安全確保の見地から、屋内水槽とすることを第一目標とした。従つて、予算の規模から云つて余り大型の水槽は望まず、使用する模型の大きさも 2m~3m 程度と考えられた。このような小型の模型では自航の動力源を積み、且つ多くの要素の計測記録を船内で行なうのは重量の点で無理であることが予想された。また運動、特に線運動の記録を行なうに当つて、模型の近くに基準となる面があることは、極めて便利であると考えられた。

これらの点を考慮し、本水槽では長さ 50m、幅 30m の角水槽部に長手方向に動くスパン 30m のブリッジ型の電車を装備し、更にその電車には小型の追跡電車が懸垂して横方向に動き、あたかも巨大な XY レコーダーのように模型を追跡できるような配置とした。

この追跡電車は、自動または手動で模型を追跡し、模型に有線で電力を供給し、また計測信号も有線で電車に導いて、電車上で記録を行うことができるし、また運動の計測は、追跡電車を一つの基準の座標として行なうことができるという利点がある。

このような配置の水槽は、計画中の所はあるが、実際に建設されたのは本水槽が世界でも最初であろう。

本水槽にはこの外、50m の長さ全部に亘つて油圧式の造波機が設置され、規則波、不規則波を起こすことができるようになっており、又それと直角の 30m 側にも近年中に造波機を設置する予定である。造波機と反対側には、助走路を入れて 80m の二本のレール上を、小型の比較的高速の電車が走行しうようになっている。

以下各項目に別けて詳述するが、第 1 報では、昭和 43 年度に完成した部分、即ち水槽本体、上屋、造波機及び高速電車について述べ、第 2 報で 44 年度に設置した XY 電車、即ち主曳航電車、及び追跡電車について述べ

\* 東京大学工学部船舶工学科

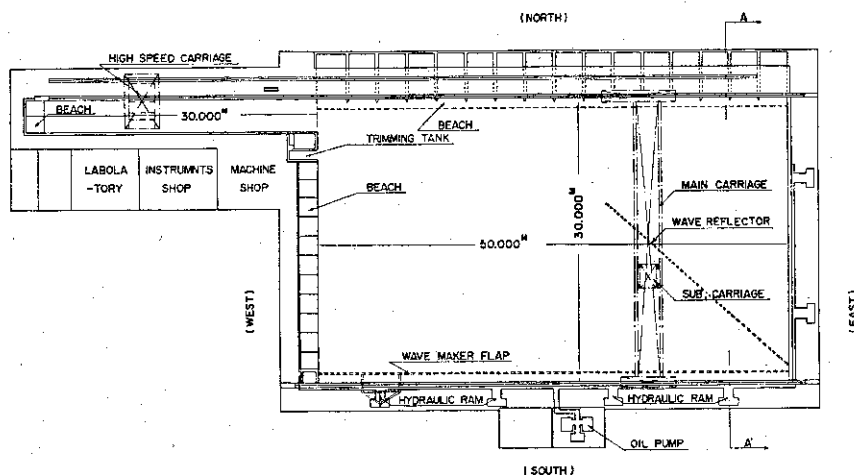


Fig. 1 Plan of the Basin

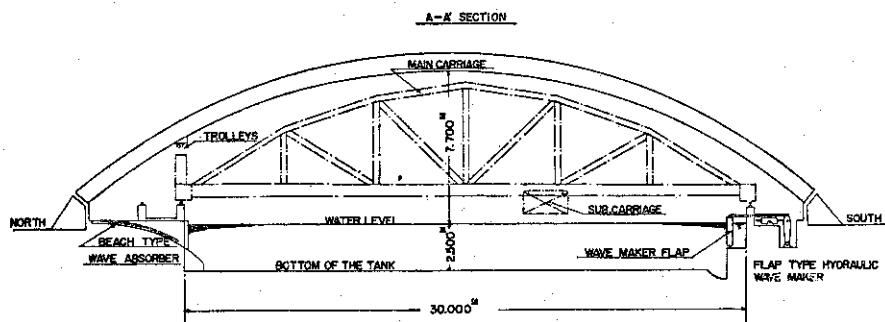


Fig. 2 Section of the Basin

ることとする。

## 2 水槽の配置

水槽の配置は Fig. 1 及び Fig. 2 に示す通りである。50m×30m、深さ2.5mの角水槽に、長さ30m、幅3.5m、深さ2.5mの助走路が接合され、長さ80mの直線部を形成している。

底面は浅水実験にも使えるように±2mmの精度で仕上げてある。50m側の一方(南側)には、長さ50mの油圧式の造波機が設置され、反対側には消波用のビーチが設置されているが、ビーチは有効水面幅をできるだけ取るために水槽壁より外側に張出してある。

この水槽壁には重さ35トンの主曳航電車が走行するために、その構造にはかなり苦心した。

30m側の一方(東側)には将来造波機を取付けうるように、油圧装置のピットが掘つてあり、その反対側には消波装置が床下に設置されている。この消波装置は50m側の造波機の起こす波を崩さないよう、通常は蓋をするようになっている。

レールは80m側(北側)に50kgレールと30kgレール各80m、南側には50kgレール50mが敷設されており、北側の2本はカンチレバー型の高速電車及び主曳航電車の共用、南側は主曳航電車用となっている。南側中央には230kVAの電源室と、造波機用の120kVAの油圧源室とがあり、又助走路南側に、研究室、計器室、及び宿直室等が配置してある。

水槽本体は鉄筋コンクリートで、地表より約2.5m下の関東ローマ層の上に作られている。建屋は軽量トラス構造で、屋根は硬質耐蝕アルミを用い、その内側には厚さ50mmの木毛板を断熱材として張つてあり、上屋の総面積は2,581.25m<sup>2</sup>である。

照明は水面の反射がないよう間接照明とし水銀ランプ及び蛍光灯を用いてある。  
 水槽の結露を防ぐため、西側及び東側に合計 12 個の 0.75kW 大型換気扇を取付けて換気できるようにしてある。

水槽本体及び上屋は、東京大学施設部の設計監督の下に浅沼組が施工した。

Fig. 3 に外観を、Fig. 4 に内部を示してある。

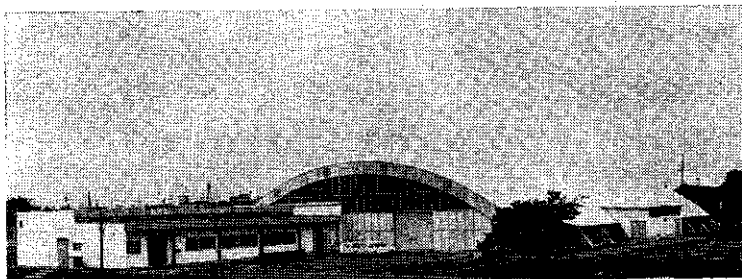


Fig. 3 Outside View of the Basin

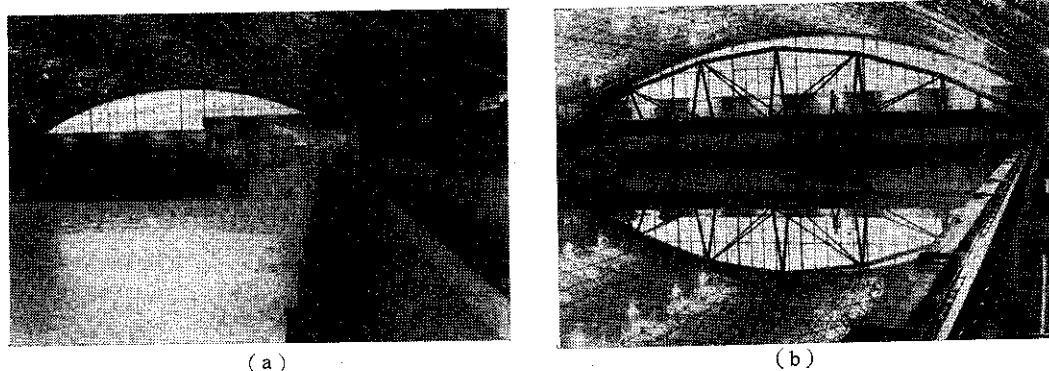


Fig. 4 Inside View of the Basin

### 3 造 波 機

造波機として、当初、三角波発生のためスネークタイプのものが計画されたが、予算の関係と、調整の手間とを考慮して、結局 50m 全長に亘つて同時に動く油圧駆動のフラップタイプ造波機を設置した。

主要目は Table 1 に示す通りである。

油圧源、油圧シリンダ及び、制御装置はサム電子工業(株)が、また造波機本体は三井造船(株)が夫々設計、施工を担当した。

造波機の断面を Fig. 5 に示す。フラップは鉄板製のボックスガーダーで連結棒を介して油圧筒に連結されている。油圧筒の動きは、4 個の内 1 つだけがフィードバックされ、残りの 3 個はそのフィードバックされた油圧筒に送られる油量と、全く同じ油量が供給されるようになっている。そのためサーボバルブと油圧筒を結ぶパイプが長くなり、その中の油がバネとして働き、フラップの荷重を含めた油圧系全体の固有周期が予想よりもやや

Table 1 造波機の主要目

長 　　さ	50m	サーボバルブ	ムーグ社製
フラップの深さ	1.55m	最大ストローク	±200 mm
フラップの厚さ	0.40m		
出力(油圧源出力)	120 kVA		
最大造波スラスト	12t(3t×4)		
周波数範囲	0.3~3 cps		

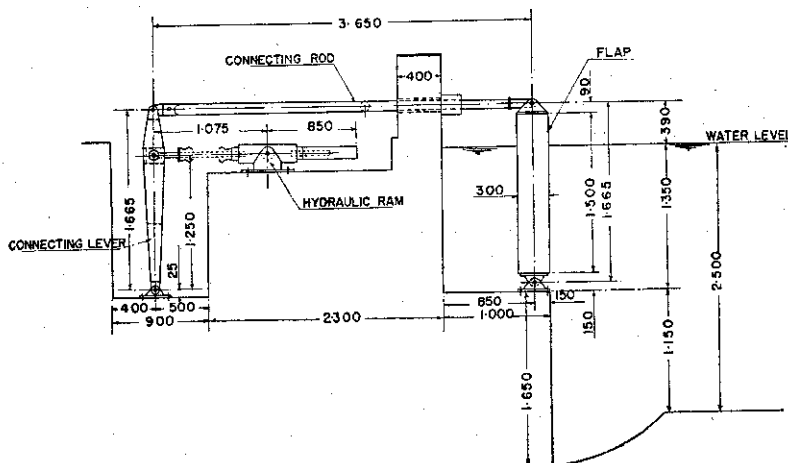


Fig. 5 Set up of the Wave Maker

長くなり約 0.25 秒程度となつて、波長 10 cm 程度のさざなみが発生することが判つた。

このさざなみは油圧筒の高圧側と低圧側を制動バルブを介してバイパスし、ダンピングをつけることにより殆んど取除くことができた。フラップの裏側には通常消波装置をつけて、裏面に発生した波を消しているが、本水槽では、水面幅をできるだけ取るため、フラップ裏側の水槽壁との間隔を狭くし、裏面に波が発生しないようにした。

この場合、裏面の水位は、フラップの動きに従つて上下し、フラップに力を及ぼすわけであるが、その位相は大体フラップの慣性力と逆であり造波機の力を助ける方向にあることが模型実験で確かめられた。またこの力は、裏面の水が 1 節振動をする周期で最も大きいことが判つたので、最も多く使う波周期 1.2 秒程度で最も反力が大きくなるように裏面の間隔を選んだ結果 0.7m となつた。

Fig. 6 に周期とフラップに加わる力（造波力）との関係を示す。なおフラップ背面の水は、1 節振動の同調周期で大きく波立ち、まれにはフラップを跳越えることがあるので、ポリウレタンフォームの板を背面全体に浮かして押えることにした。

これらの造波力と造波機の能力との関係から造波機の周波数特性は大略 Fig. 7 の点線のようにになると予想された。しかし、入力電圧一定としたとき、造波板の動きの周波数特性をとつてみると Fig. 7 の実線のように、かなり右下りの特性となつた。これはさざなみ防止のための制動バルブの影響が大きいものと考えられる。Fig. 8 に入力電圧一定のとき出る波の波高を示す。以上から、規則波のときは、馬力に十分余裕があるが不規則波やトランジェント波の場合、入力信号にかなりの処理をすることが必要である。

Fig. 9 は制御盤の写真で、水槽の西側の造波板をみながら制御できる所に置いてあり移動も可能である。この

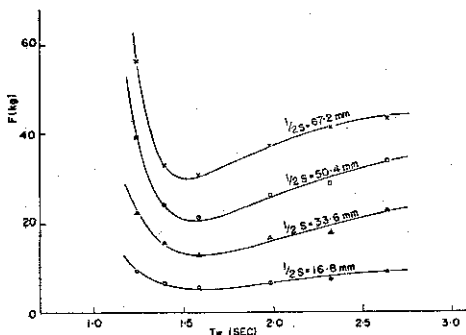


Fig. 6 Wave Making Force per Meter

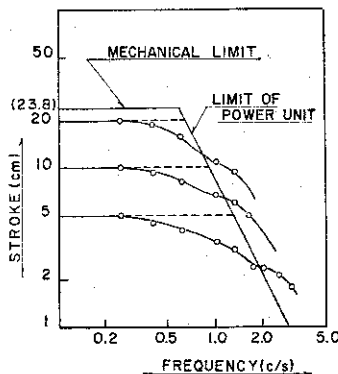


Fig. 7 Cycle Characteristics of the Wave Maker

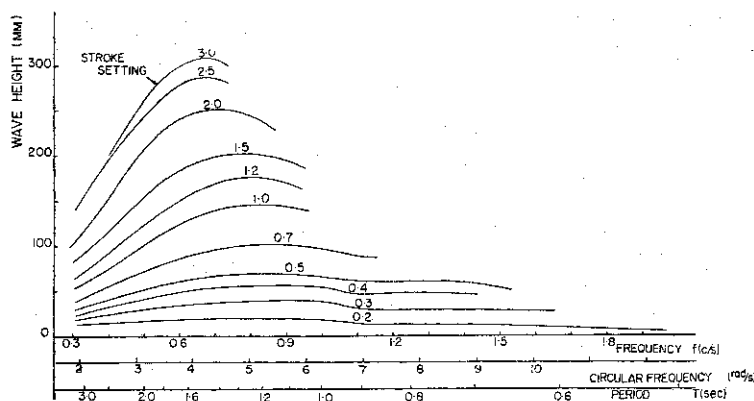


Fig. 8 Characteristic Curve of the Wave Maker

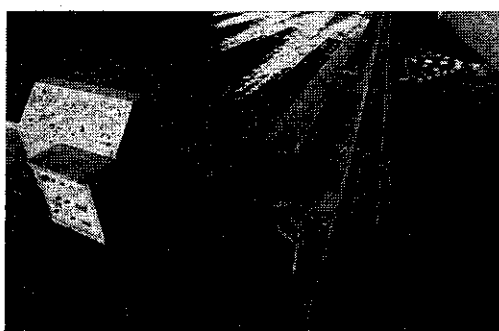
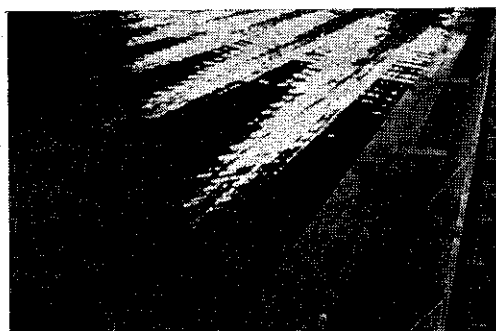


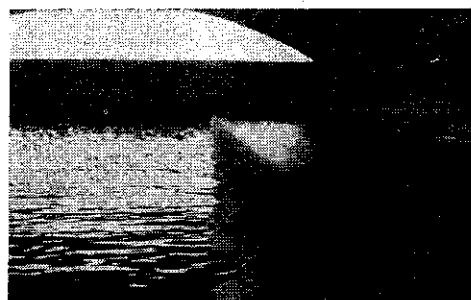
Fig. 9 Wave Maker and its Control Unit



a)  $T_w=2.0$  sec,  $H=30$  cm



b)  $T_w=1.2$  sec,  $H=20$  cm



c) Transient Wave

Fig. 10 An Example of Generated Wave

制御盤から油圧源のリモートコントロール，規則波の発生，トランジェント波の発生を行なう。トランジェント波の発生は，自動的に周波数掃引をする装置により行なっている。不規則波は，制御盤の EXT. 入力端子に外部からデータレコーダー等を用いて信号を入れて発生する。不規則波発生用の信号源は現在各種の方法を試みているが，大型計算機により任意のスペクトラムをもつ信号を作り，それを D-A 変換して用いるのが便利なのである。

Fig. 10 a), b), c) に造波状況の例を示す。

なお浅水波を起こしうるように造波機フラップの下の水槽底をフラップの蝶番のピンを中心とする円弧状に仕上げ (Fig. 5) フラップから腕を出して垂直な板をつけ造波機として用いられるようにしてある。

#### 4 消波装置

消波装置はビーチタイプで Wageningen 水槽の実験結果及び東大の動揺水槽の成績から Fig. 11 に示すような断面のものを用いた。

水槽幅を充分に取るため，ビーチは主曳航電車及び高速電車のレールの下に設けられ，レールの荷重は

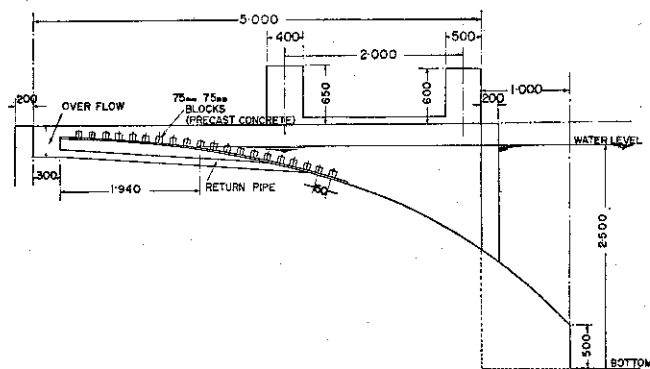


Fig. 11 Wave Absorber Beach

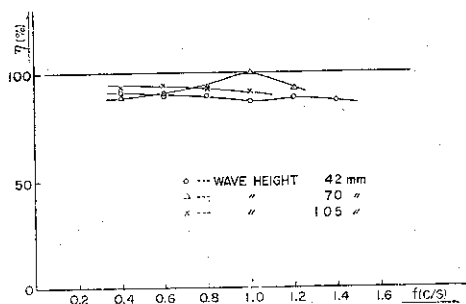


Fig. 12 Efficiency of the Wave Absorber

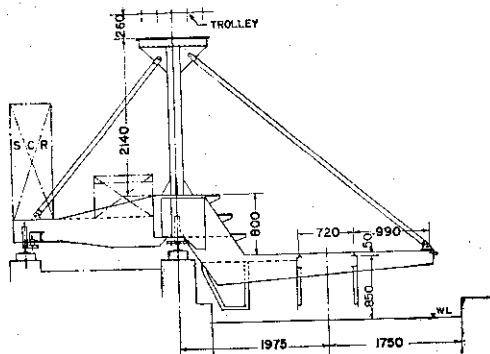
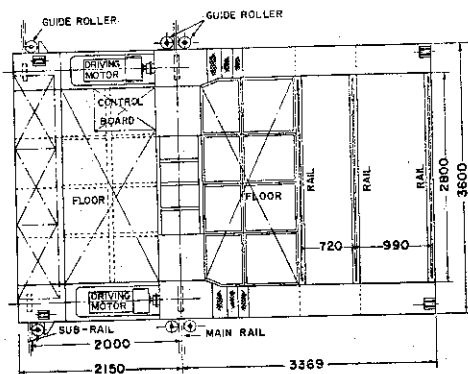


Fig. 13 High Speed Carriage

3.12m 置に設けた厚さ 40 cm の BHD で支えるようにしてある。ブロックはプレキャストコンクリートを用いた。

消波効果の試験結果を Fig. 12 に示す。

### 5 反射板

水槽面に三角波を発生させるため反射板を設置した。反射板は1種の細長いポンツーンで、夫々7.5mの長さの4個から成っている。排水すると殆んど浮力と自重がバランスして容易に運搬でき、注水すると自重で据るようになっている。

反射板により、広い面積に一樣な三角波を起こするのは反射板をフラップに対し 45° の角度に置いた場合、即ち直交三角波のみであるが、極く限られた部分では反射板を種々の角度に置くことにより直交以外の三角波および数方向からの波による三角波等を発生することができる。

### 6 高速電車

平水中の比較的高速な実験および横波中の実験を行なうために、80m 直線部にカントリー型 の高速電車を設置した。当初は、80m側の地上には、主曳航電車と共用の1本のレールのみを敷設し、他の1本は電車の左右振れや転倒防止の面から上屋の壁を利用して地上3m位の壁沿いにレールを90° 回転させた状態で敷設して、車輪も水平に取付けあつかも空中のレールに電車が釣り下がった形で走行するように予定したが、このようにしてレールの敷設精度を上げるためには、上屋の柱が過大なものとなるばかりでなく、太陽熱や風雨、雪等の外荷重による建物の変形等が予想されたので、高速電車のもう一本のレールも結局、地上に敷設された。このレールは荷重的にも主曳航電車と共用の主レールと異なり、それほど大きな外力もかからないので 30 kg レールを用いて仕上げた。

この副レールと主レールの間隔は 2.0m で、レール上面が同一平面上にあるように設置している。電車は巾 5.5m、長さ 3.6m、高さ 3.9m、全重量 4.8 トンで、その構造の概略を Fig. 13 に示した。前後端の横桁およびそれを結ぶ縦桁等の強度部材は、いずれもボックス構造とし、また水槽の内側水面上にはり出した部分は、測定部が水面に近くなるよう床面を低くしている。

測定部床面には、丁度助走路の中心にその中心をもつように二本の計測用レールを設けたのと、さらにそのうちの一本を利用して、角水槽部の内側よりでも実験できるように、さらにもう一本の計測レール、計三本のレールを設置している。なお張り出し部に搭載が予想され

る重量物の積載状態から、重心が主レールと副レールの間にくるように、電気関係の各種盤を副レール上の縦桁の上のせているが、念のため倒れ止めのために、罫をつけたガイドローラー（但し、通常はレールには接触しない）を副レール側に取りつけた。電車は4輪ではあるが、そのうち主レール上にある前後の2個の主駆動輪をサイリスター装置による静止レオナード方式の2台の直流電動機（3.7 kW, 1,150 r. p. m. × 2 台）で駆動する方式を採用した。

主車輪軸は、直流電動機の出力軸の回転を一段減速したのち、ギアカップリングを介して電動機と結ばれている。電車の加減速度は 0.02 g ~ 0.08 g の範囲内で連続可変、速度範囲は 0.25 m/sec ~ 5.0 m/sec で、定常速度の精度は最高速度の 0.2% 以下である。この速度制御は、駆動輪とは別個に設けられた速度検出用車輪の回転速度をアナログ量として検出する、いわゆるアナログ制御方式である。但し、実験の速度は、さらに別個に設けられた速度表示用車輪の回転数を光学的に検出して、速度に換算しデジタル値にて表示することとし、これは同時にデジタルプリンターに刻々記録させることとした。

制動方式は通常の電気制動の他に、電車が一定の位置に達したときに近接作動型リミットスイッチを作動させて自動的に減速することとし、このために使用速度範囲に応じて高速、中高速、中速、低速用等のごとく4組のリミットスイッチ群をとりつけている。さらに、それらリミットスイッチの外側に非常停止用リミットスイッチを設け、メカニカルエアブレーキを作動させて非常停止できるものとし、主レールの両端部に空気式緩衝装置（50 cm ストローク）を設けて脱線防止としている。

## 結 言

本水槽の建設に当つては、実に多方面の方々のご尽力を戴いた。初づ予算の獲得に当つては吉識、高木両名誉教授および経理部の諸氏の絶大なご援助をいただき、又計画に当つては東大田宮、乾、田古里各教授、加藤、前田両助教授、杉田助手、船舶技術研究所の山内次長初め性能部の諸氏、及び水槽委員会第2部会の諸氏に極めて有益なご示唆を戴いた。

建設に当つては東大施設部の諸氏をはじめ、浅沼組、三井造船、安川電機、九機、サム電子機械各社のご協力を得た。ここに紙面を借りて深甚の謝意を表する次第である。