

タイ国ブミポール発電所納

115,000 HP (86,500 kW) フランシス水車について

115,000 HP (86,500 kW) Francis Turbines Delivered to the Bhumiphol Power Station, Thailand

伊藤 栄 郎* 高瀬 光 雄* 海老名 啓 吾*
Hideo Itô Mitsuo Takase Keigo Ebina

内 容 梗 概

タイ国は現在ヤンヒー多目的ダム計画を遂行中で、その一環となるブミポール発電所用 115,000 HP (86,500 kW) フランシス水車の第一次計画 2 台を日立製作所が受注し、この程現地納入した。

本水車は実質的にはアメリカのコンサルタントにより発注され、アメリカ仕様に基くものであり、海外に大いに雄飛しつつある日立製作所の輸出向水車として一つの一時期を劃し得たものとして注目される。

本稿は本水車の設計製作に当っての特長を挙げ、参考に供するものである。

1. 緒 言

タイ国はピング河の上流にヤンヒー多目的ダム計画を遂行中で、その一環としてブミポール発電所を建設しているが、日立製作所は激しい国際競争の結果第一次計画の同発電所用 115,000 HP (86,500 kW) フランシス水車 2 台を受注した。本計画は世界銀行からの融資により実施される関係上、建設工事は Sverdrup & Parcel International, Inc. の総括下に発電所関係のコンサルタントであるアメリカの Engineering Consultants, Inc. (ECI) により仕様書作成が行なわれたもので、東南アジア向けの納入品であるが実際上はアメリカ向けと同等の内容のものと考えられ、本水車の受注、製作は実質的に今後のアメリカを始めそのほか諸国向けの大容量水車の輸出にきわめて大きな貢献をなし得たものと考えられる。

したがって本計画の水車の設計、製作には全力を傾け、このほど工場完成を見たもので、アメリカ仕様に基く大容量水車を製作しうる実証と自信を内外に宣揚できたことは喜びに堪えない。以下本水車の設計製作の概要について紹介し、参考に供する。

2. ヤンヒーダムと計画の概要

ヤンヒー多目的ダム計画は、第1図に示すようにメナム河水系のピング河上流に、首都バンコックより北方約 420km はなれた位置に設置されるコンクリートアーチダムにより、発電、ピング河およびチャオ・パイヤ河の洪水調節、河川舟運の著しい改良、ならびにかんがい用水の補給をするためにタイ国政府かんがい水利局の総括のもとに、世界銀行より融資を受け建設されるものである。ダムは高さ約 154 m、長さ 466 m、ダム体積約 100 万 m^3 、アーチダムで 1958 年末より建設に着手されている。貯水容量は全水吐ゲート天端で 122 億 m^3 に達する膨大なものである。すなわちこれはこのダムの上流の流域から流下するピング河の 1 箇年総流量 96 億 5,000 万 m^3 (20 箇年平均) をも上回る大規模なもので、余水吐には 11 m × 17.4 m のラヂアルゲート 4 門を設備し、通水量は 6,000 m^3/s として計画されている。

第一次計画としては合計 8 台の水車発電機のうち最初の 2 台の建設を予定されており、発生電力はバンコックまで 230 kV 2 回線を新設し、主としてバンコックおよびトンブリ地方や、中央および北部地方の電力需要に供給されることになる。

* 日立製作所日立工場

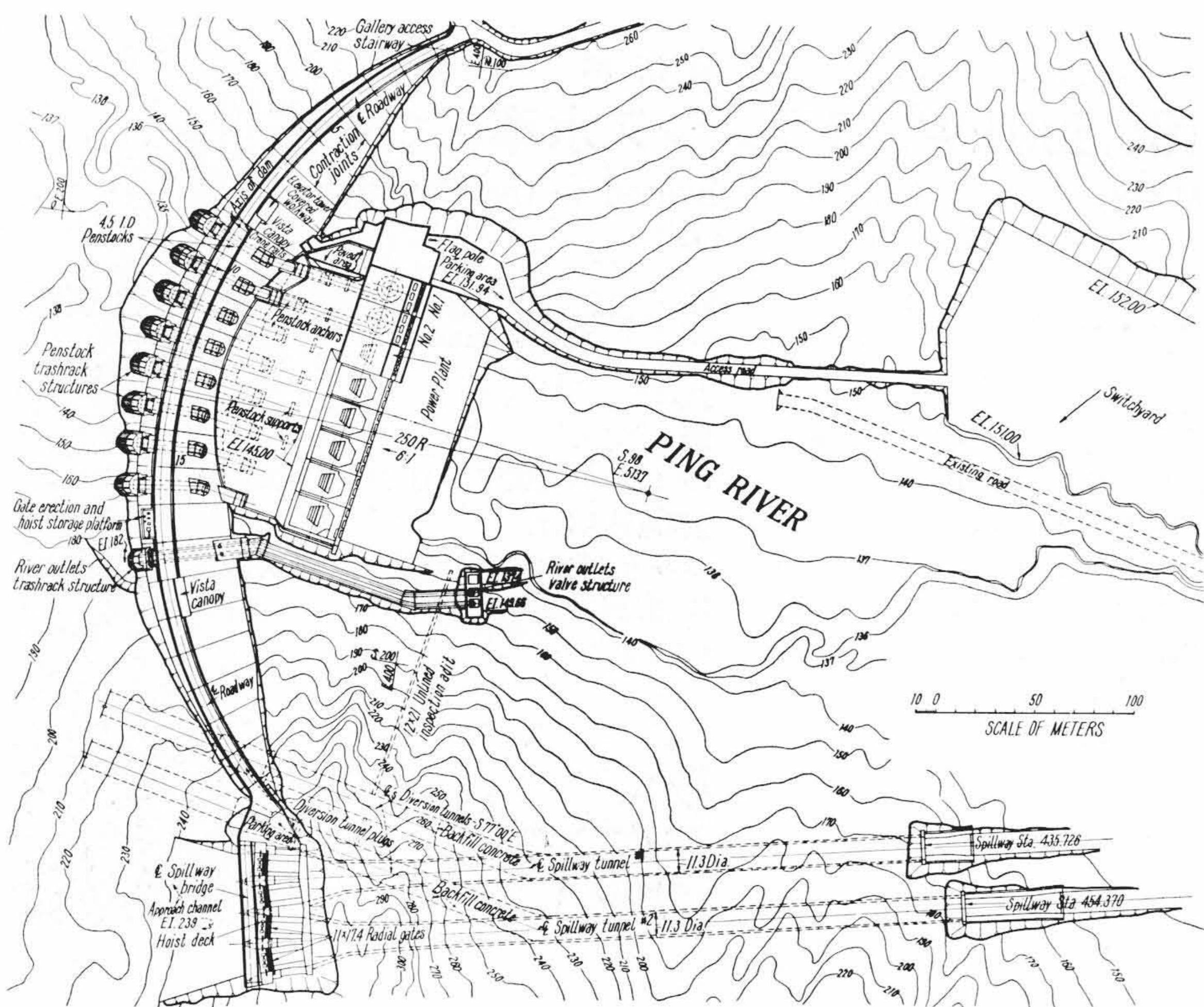


第1図 ヤンヒーダム建設付近地形

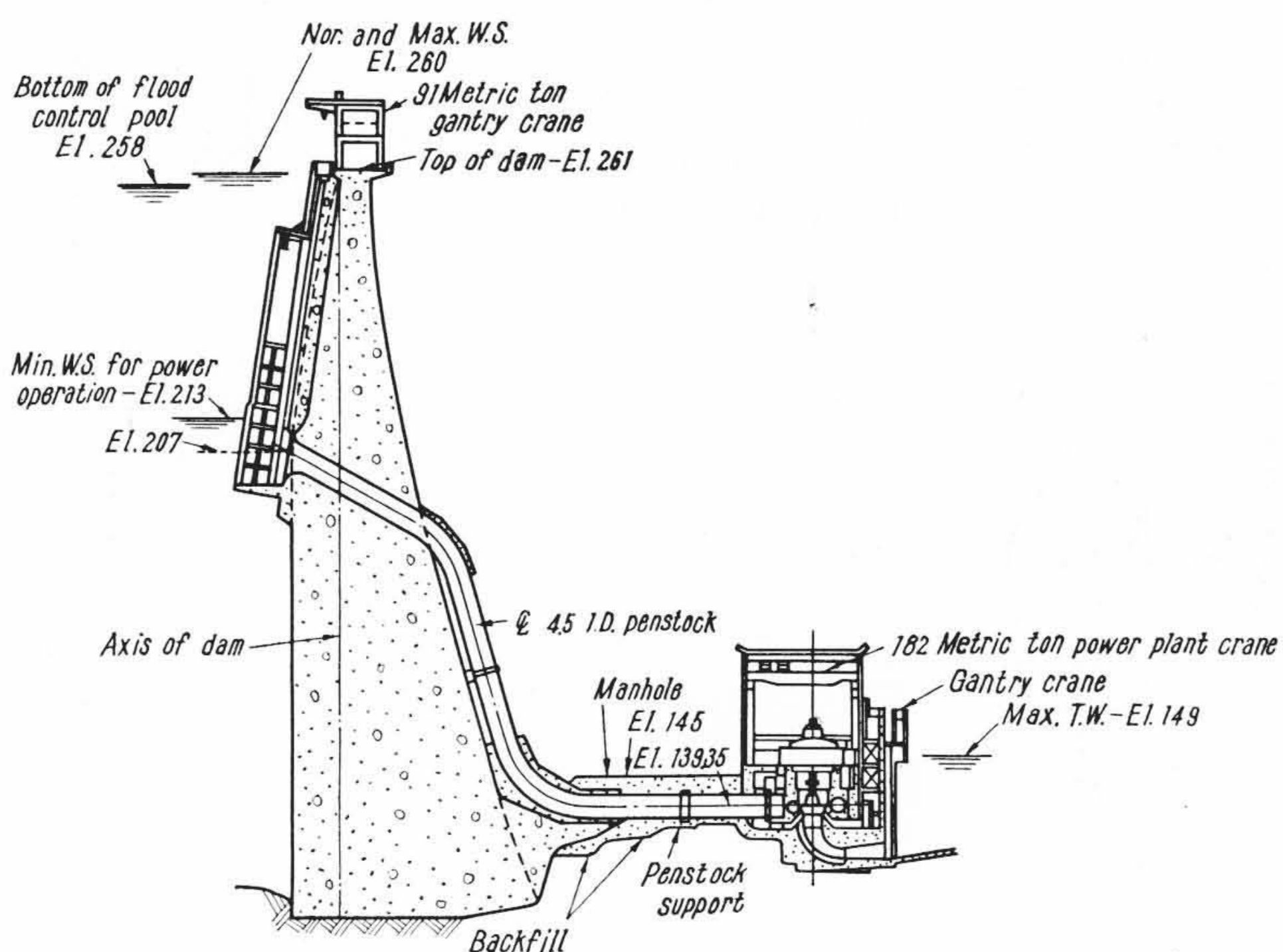
ただ、現在タイ国は、最終段階で年間約 20 億 kWh に達するこの大きい発電能力に対応するだけの需要がないこと、需要増加はもっぱら自然増のみに依存し電力消化強行対策を持たないこと、および農業国であるタイ国をして飛躍的に重工業国に移行させるには多くの困難と危険を招くことなどのため、この発電所の全能力すなわち最後の発電機器据付を必要とする時期は今回の第一次開発後 19 箇年を予想している。この間建設されたダムから大量に無効放流するほかはないことになるので、需要増加対策がこのヤンヒー計画の大きなかぎとなろう。ちなみに第一次計画の完成予定は 1963 年 12 月である。

なおダム地点は北緯 17 度で海拔 140 m の地点にあって、熱帯地方に所属し、現在までに記録された最高気温は 42°C、最低気温は 10°C であった。

平均降雨量は 1,067 mm でその 90% は雨期の 5 月から 10 月の間に降ったものである。平均湿度は 65~100% であり、高温多雨多湿



第 2 図 Dam と 発 電 所 の 全 景



第 3 図 発 電 所 縦 断 面 図

の自然条件を有している。

3. ブミポール発電所の概要

3.1 発電所計画の概要

発電所建家はダムの下流側真下にダムと平行して建設され、その第一期建設工事として、今回納入する 2 台の水車は第 2 図のように河側から向って右側に No. 1, 2 号機が据付けられているが将来は 6 台増設されて合計 8 台設置される予定である。

水車中心標高は 139,350 m で、各水車にはおのおの別個の鉄管によって水が導かれ、鉄管の長さは約 140 m、鉄管内径は約 4.5 m である(第 3 図)。建家の幅は約 30m で、各水車間のスパンが 17m、将来 8 台となった場合には建家の長さは約 157 m となり建家内も比較的余裕のあ

る機器の配置となっている。

水車発電機の据付方式は準バーレル形で第 4 図に示すように EL. 143,000 m において水車軸と発電機軸が直結される。

上水位および放水位の変化状況は下記のとおりである。

上水位	最高 (計画洪水量)	EL. 262.200 m
	平均	EL. 252.000 m
	最低	EL. 213.000 m
放水位	最高 (計画洪水量)	
	(600 m ³ /s)	EL. 149.000 m
	年間最高洪水位	
	(2,000 m ³ /s)	EL. 144.000 m
	基準	EL. 139.850 m
	最低 (ただし将来ありうるかも知れぬ予想水位)	EL. 136.350 m

3.2 海上および現地輸送

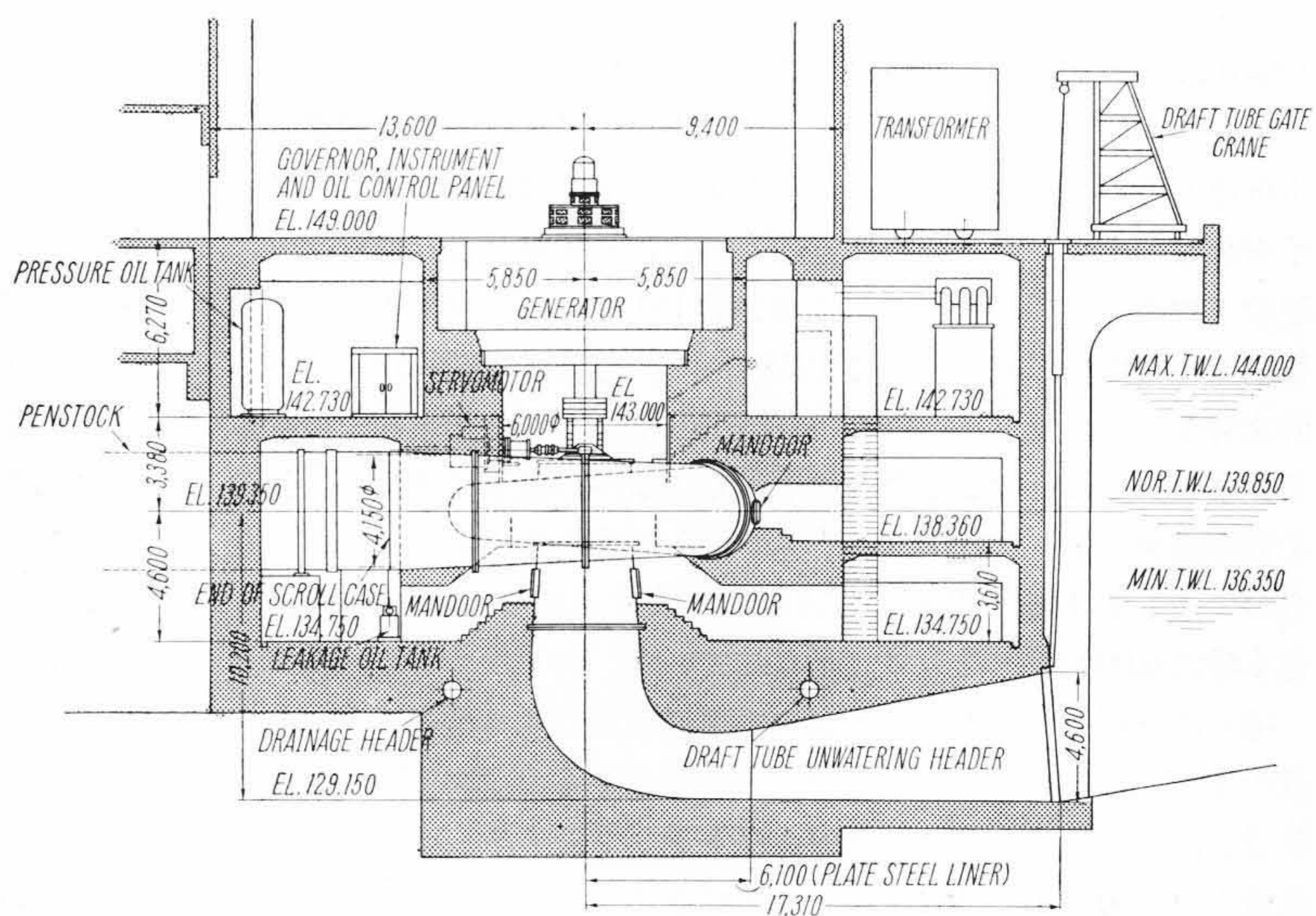
本発電所納水車機器のタイ国までの海上輸送は昭和 34 年 10 月に完成された日立港より日之出汽船株式会社の神路丸に 7,700 t 船積され日立港からの最初の輸出品水車として出航された。

日立港は日立工場からわずか 13 km のきわめて近距離の地点にあり、また工場と日立港間は道路の幅が 11 m、舗装の厚さ 70 cm という記録的な重舗装となっているため、約 300 t の重量物さえ寸法的な制限もほとんどなく輸送が可能である。

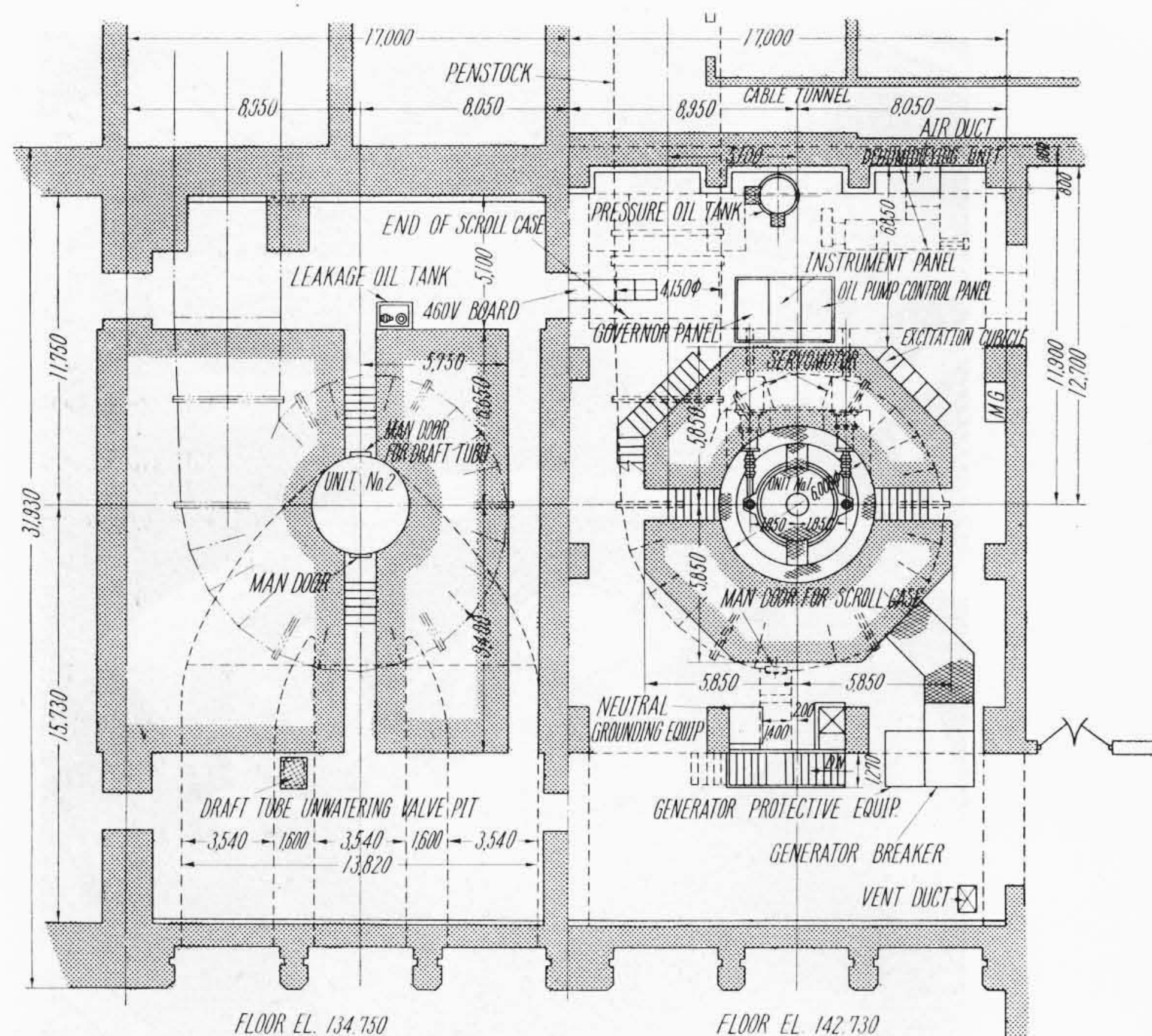
したがって輸出品に対して従来利用されていた横浜港までの輸送条件に比較すればはるかに有利であり、本発電所納機器についても日立港より船積することを条件に設計製作されたものである。

第 6 図は日立港における水車ケーシングの船積状況を示す。

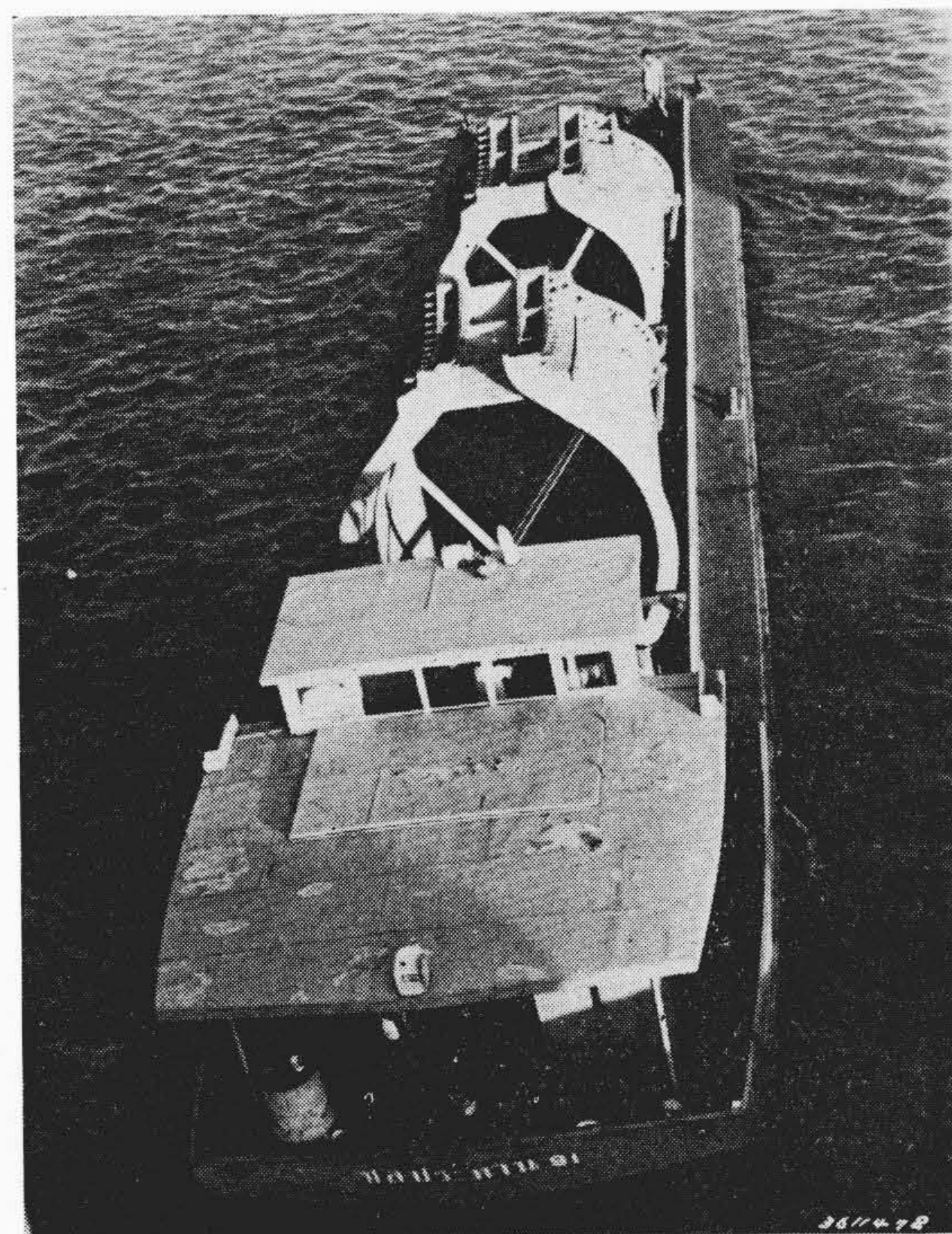
またバンコック港より発電所までの現地輸送は鉄道、道路を利用する陸上輸送と、ダムサイトよりタイ湾に注ぐピング河を利用した水路輸送の 2 つの方法がある。陸



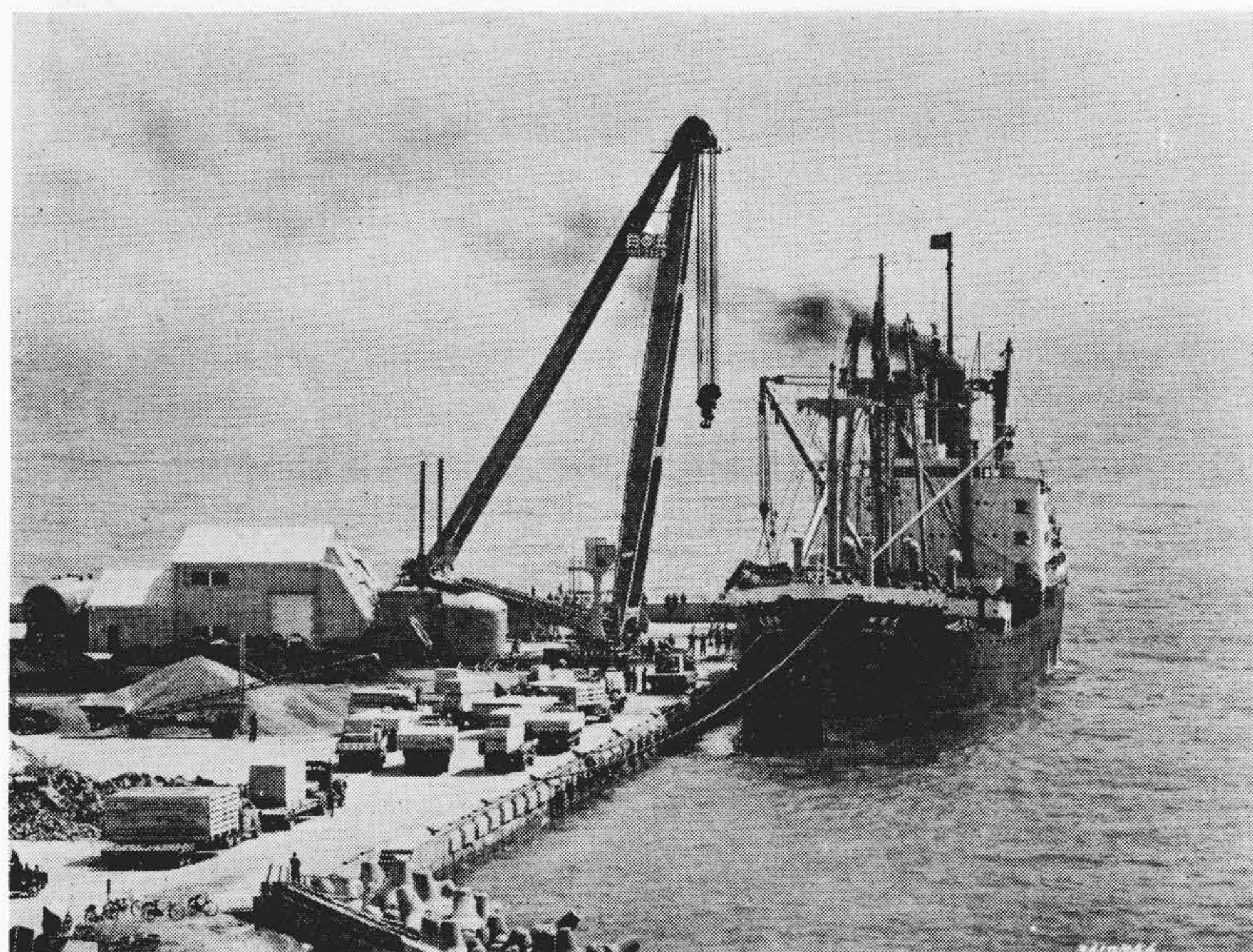
第 4 図 据 付 断 面 図



第5図 据付平面図



第7図 Bargeによるケーシングの水路輸送の状況



第6図 日立港における水車ケーシングの船積状況

上輸送は一年を通じて利用可能であるが、幅の制限が鉄道、道路いずれを使用しても 2.3 m でわが国の輸送制限に比較してははなはだ狭いものであり、一方バンコックよりバージを使用して現地まで運ぶ水路輸送は 7 月より 11 月までの 5 カ月間の雨期を利用すれば 100 t の大形バージさえも航行できるようになり、バンコックより発電所の地点まで特に寸法的な制限もなく容易に輸送することが可能である。

したがって機器の製作の点から考えれば、分割数が少なく、製作が容易でかつ経済的となる水路輸送が最も望ましい。今回納入した機器については製作工程ならびに現地の据付工程について種々検討した結果この方法で輸送する計画となった。第7図はバージによる水路輸送の状況を示す。

4. 115,000 HP (86,500 kW) 水車

4.1 水車仕様

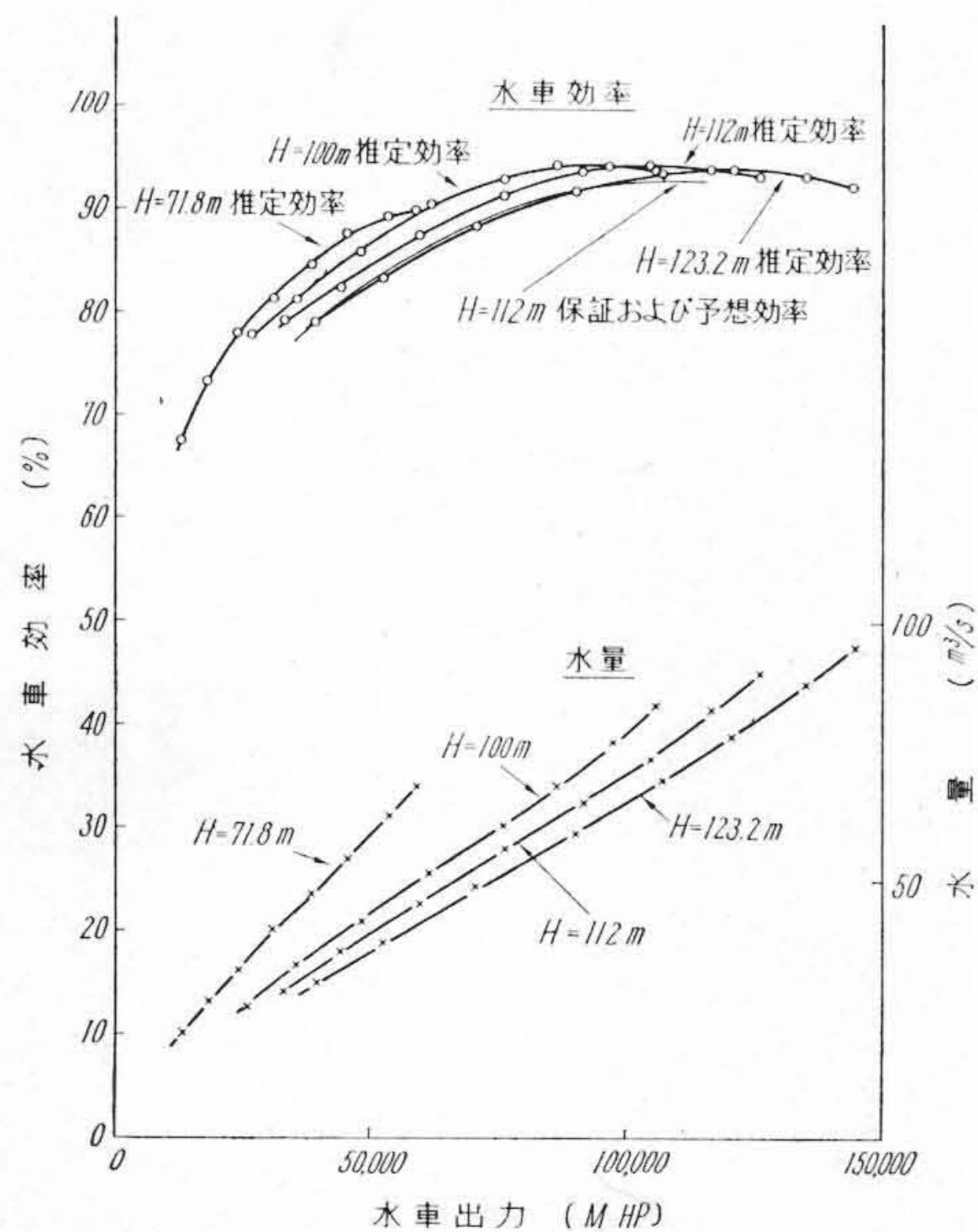
水車出力 最高落差時出力 115,000 MHP

				(ただし制限出力)
基準落差時全開出力				98,350 MHP
最低落差時全開出力				51,700 MHP
有効落差	最	高		123.2 m
	基	準		100 m
	最	低		71.8 m
流量	最	高	落差時	75.8 m ³ /s
	基	準	落差時	79.5 m ³ /s
	最	低	落差時	61.0 m ³ /s
回転数				150 rpm
比速度				127.5 (m-kW)
形式				FSS-V (立軸フランシス水車)
台数				2 台
据付方式				準コンクリートパーレル方式
回転方向				反時計方向
設計水圧				15.4 kg/cm ²
無拘束速度				落差 125 m にて 293 rpm (195.2%)

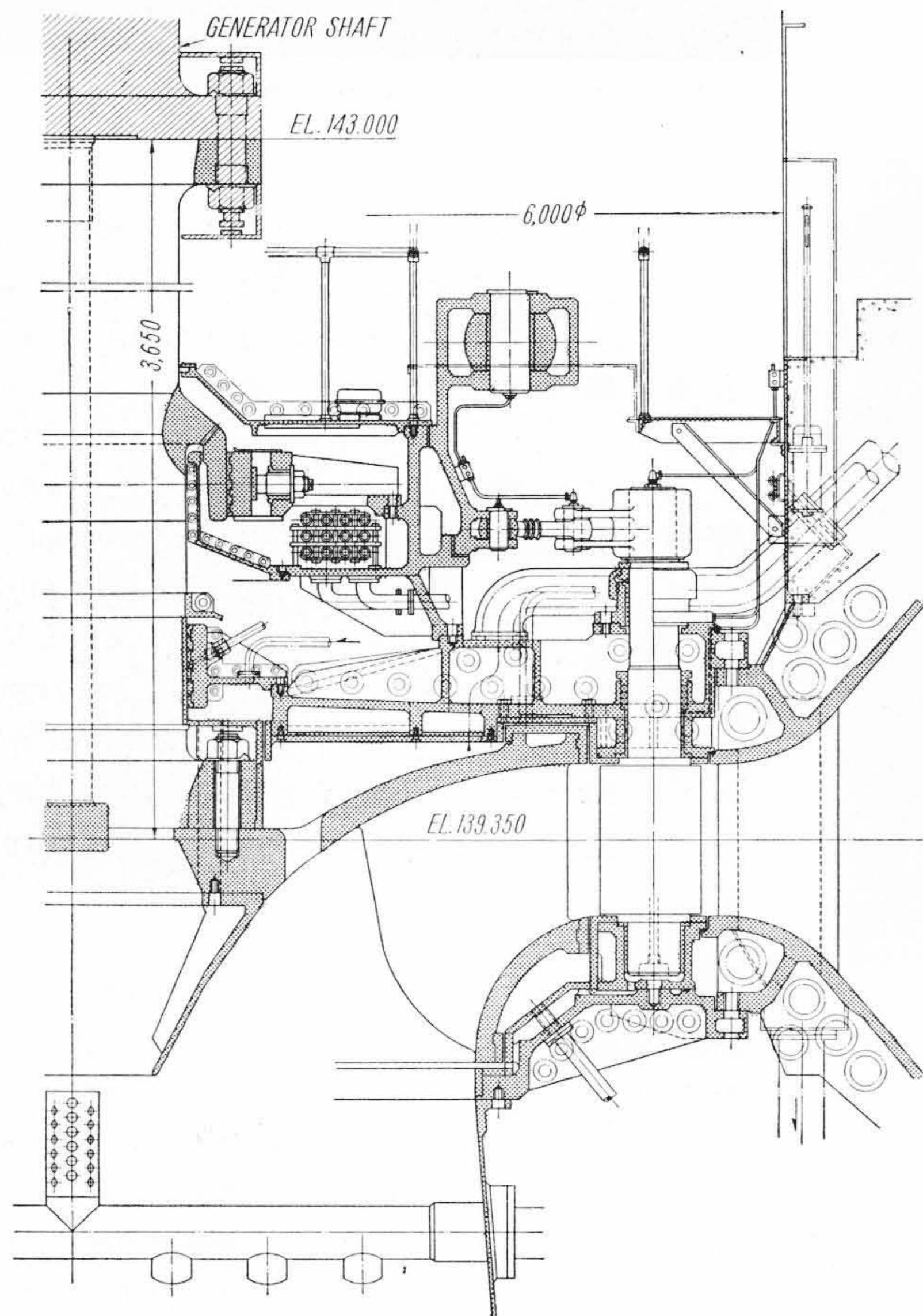
日立水車に直結される発電機はドイツの AEG 社製で 73,684 kVA / 84,736 kVA の二重定格容量、力率 0.95 遅れ、150 rpm (50 $\sim$)、13,800 V の仕様のものである。また国内における仕様指定と特に異なる点は、水車製作者は設計水圧と、调速機の閉鎖時間の可変調整範囲だけを 4 $\sim$ 12 秒と指定し、別に水車自体の有する GD^2 を通知するだけで、発電機に要求する GD^2 、 IN の数値、計算根拠を提出する必要のないことである。もちろん発電機仕様書には付与しなければならない最少 GD^2 の数値を持つよう規定しているが、これら水圧上昇、速度上昇、 GD^2 、閉鎖時間の個々の関係を結びつけ、現地試験結果、それぞれ適当な数値に調整する責任は購入者側で持つという考えをはっきりさせており、水車、调速機、発電機の見積者、製作者がそれぞれ別個のものとなる可能性の多い国際競争入札では当然のことであろう。

4.2 水車の特性および模型試験

本発電所には大容量貯水池があるが、現状では火力発電所が主であるタイ国電力事情から見て、常にピーク運転を建前とするこ



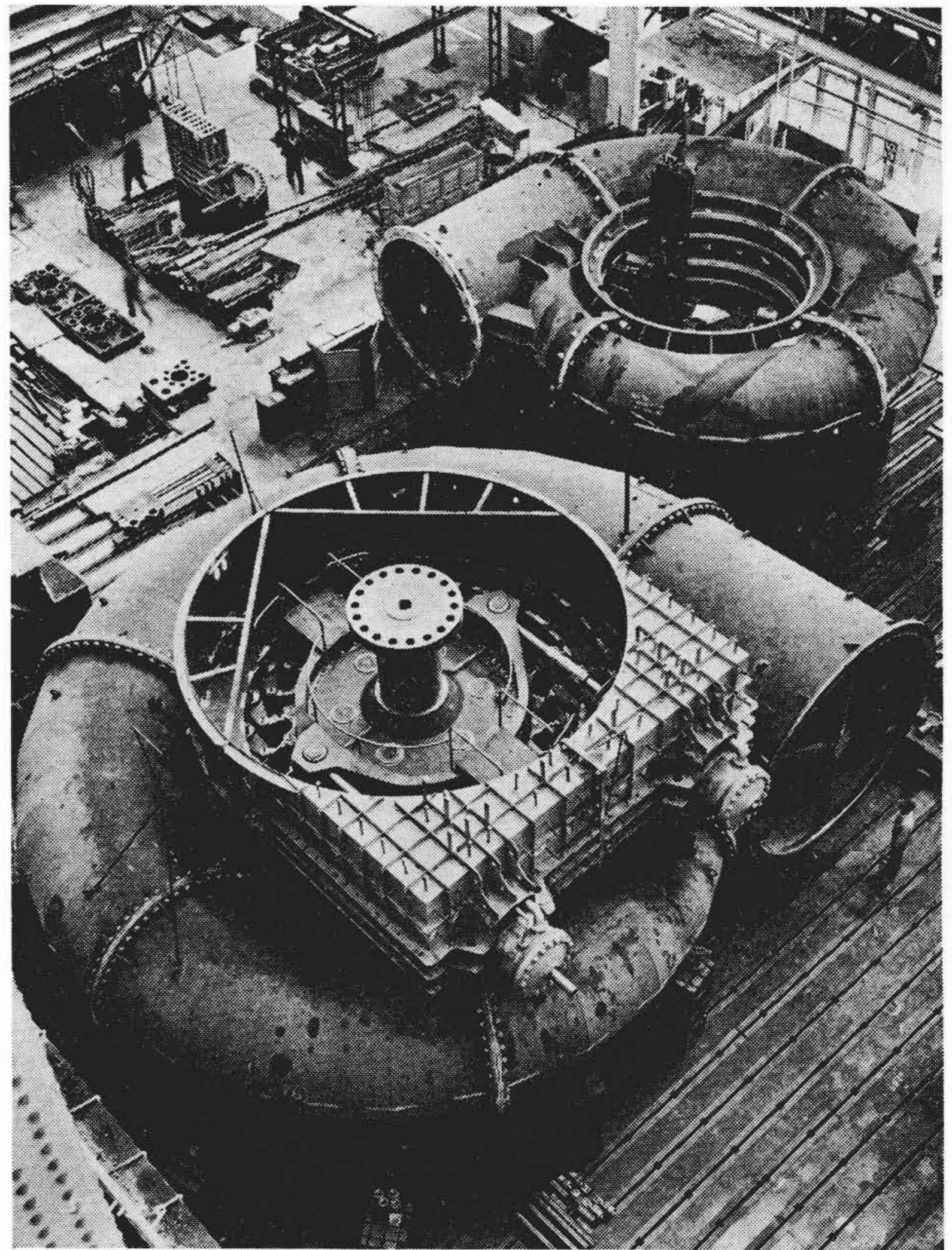
第 8 図 実物水車の推定性能曲線



第 9 図 水 車 構 造 図

できないはずで軽負荷運転および低落差運転時の効率をできるだけ良くすることが望ましく、有効落差 112 m に最高効率点をおくという顧客希望にもかかわらず、有効落差 106 m で設計し、変落差特性をできるだけ良くすることに努めた。効率は 112 m 落差時の 109,500 MHP と 86,250 MHP の二点のみ保証されている。

水車出力は有効落差 100 m 開度全開で 98,350 MHP となり、110 m 以上の落差では、115,000 MHP に出力制限される。これらの保証性能を確認するために模型試験を実施し、ECI 技師およびタイ国政府係官立会のもとに優秀な成績を納めることができた。



第 10 図 水車本体の工場組立状況

第 8 図は模型試験結果より得られた実物の推定性能を示す。

4.3 水車の構造上の特長

水車の主要構造は、先に納入した大容量機として目下良好な成績で運転中の御母衣発電所およびバークラ発電所納水車と大差なく、主軸受、シーリングボックスなどは日立標準方式がとり入れられており、ガイドベーン軸受はバークラ発電所納水車と同様な 3 軸受方式が採用されている。またガイドベーンの開閉操作をつかさどるサーボモータの据付方法は、従来の方法と異なり、現地の土木工の短縮を計るとともに、据付後においても容易に分解点検ができるようピットライナに直接取付けられる構造となっている。

水車本体の各部品の製作に際しては、従来鋳鋼品で製作されていた上下の水車カバーおよびガイドリングをはじめほとんどの大物部品に至るまで随所に溶接構造を採用し、大容量機としての今後の溶接構造の設計ならびに製作の基礎となる多くの資料を得ることができたことは特筆に価する。

第 9 図は水車の構造断面図、第 10, 11 図は工場組立状況を示す。

4.3.1 ランナ

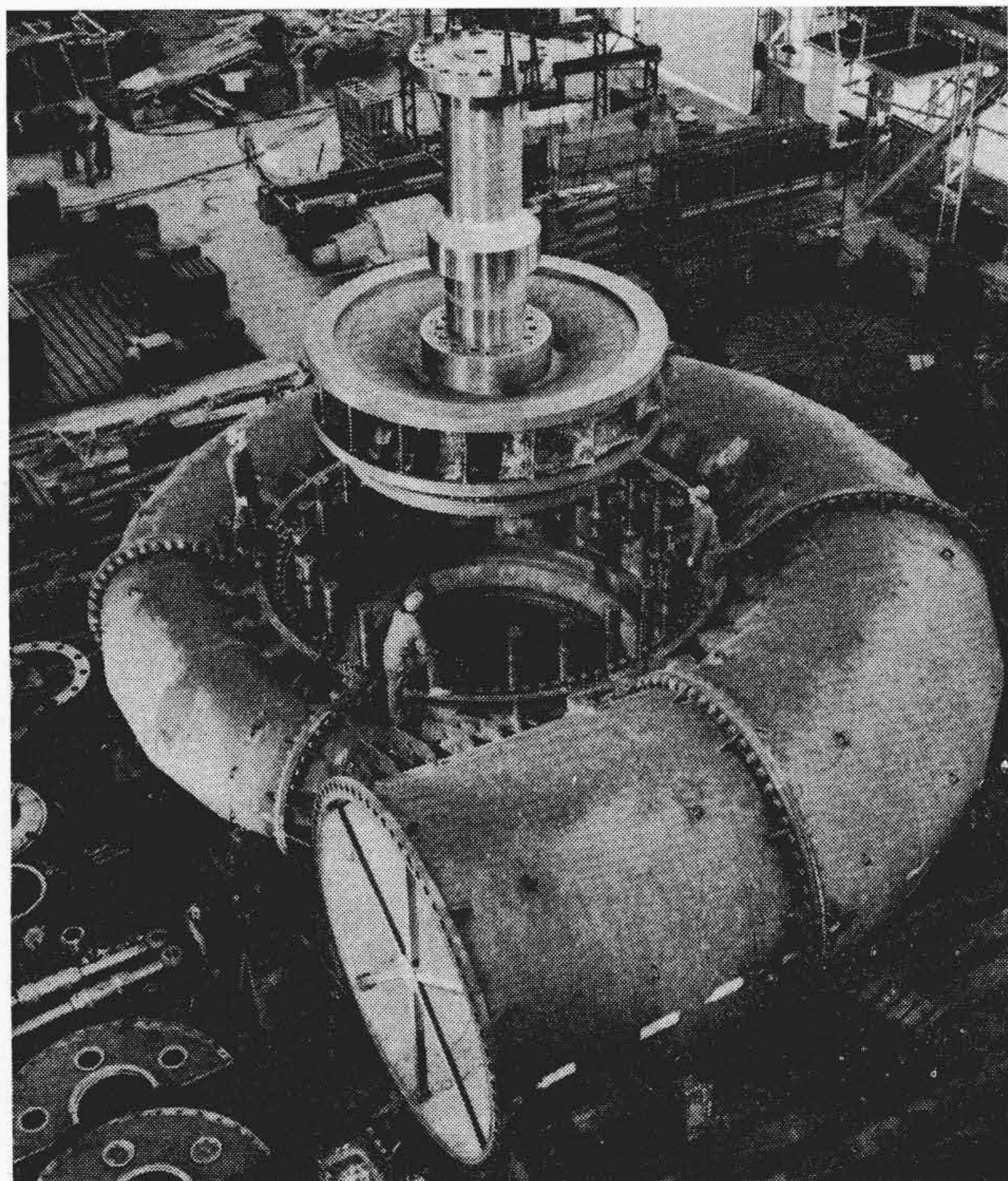
ランナは鋳鋼製で最大外径約 4.35 m、重量は 30 t を越え寸法的にはさきに納入したバークラ発電所納ランナをしのぐ記録品であり、日立製作所水戸工場において鋳造された。

本発電所は有効落差が 71.8 m から 123.2 m に至るまで広範囲に変動するため、これらの運転条件に対して、十分なる性能を発揮できる高性能でかつ耐久度のすぐれたランナが必要となる。したがって本ランナは製作に先だち前述のように模型試験によりその性能の裏付けを行なったものであるが、特にキャビテーションの発生しやすい部分負荷に対処して、万全を期するため羽根入口、および出口に十分なる 18Cr-8Ni 鋼のライニングを施している。

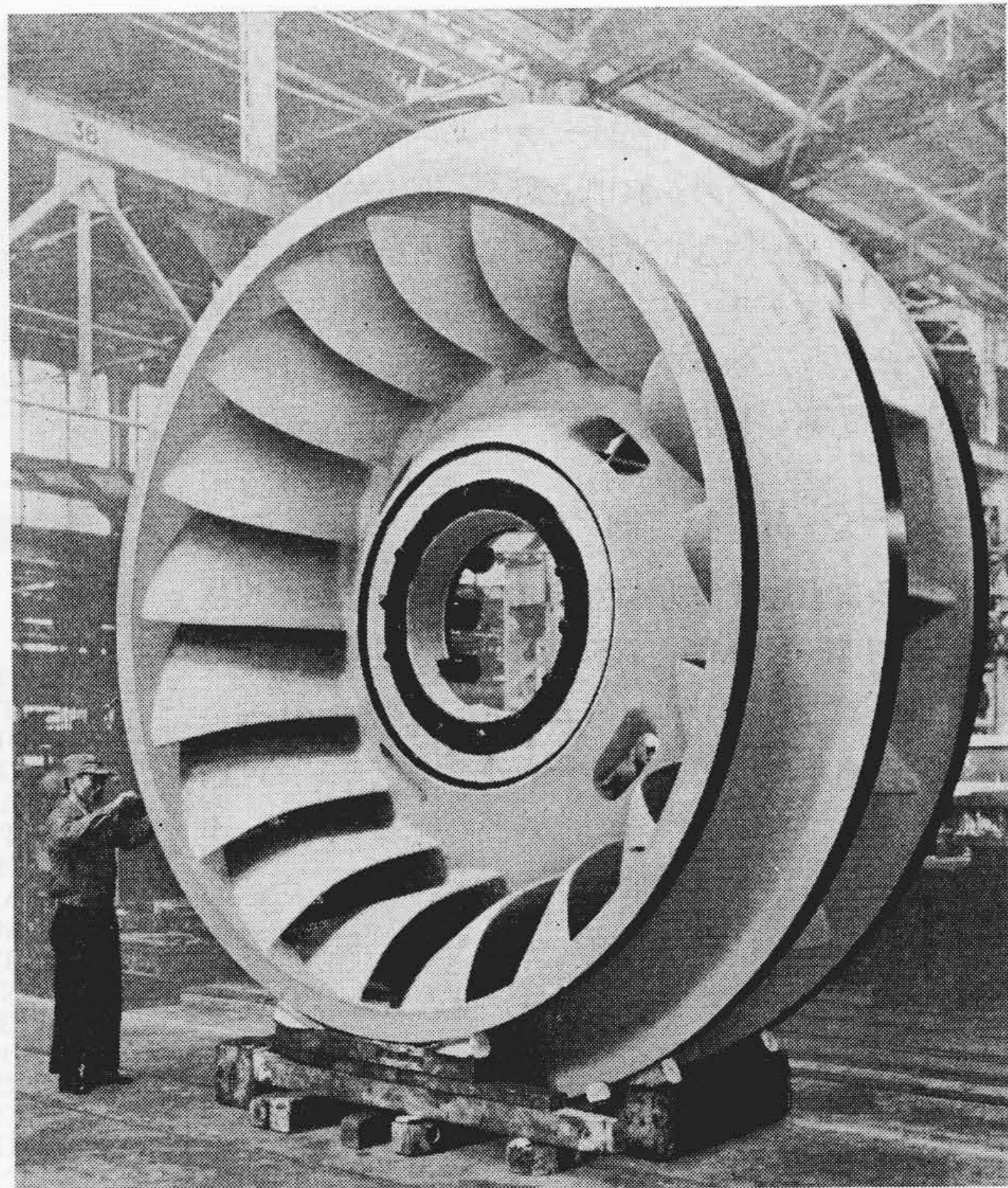
第 12 図は完成したランナを示す。

4.3.2 渦巻ケーシング

本ケーシングは入口径 4.15 m、バークラ発電所のケーシング入



第11図 ランナ投入中の水車



第12図 完成したランナ

口径約4 mに対しわずかに大きく、ケーシング、スピートリングともに全鋼板熔接構造として製作した。

本発電所用機器の現地輸送は前述のとおり水路輸送で行ない、また工場と日立港間はトレーラ輸送で行なうため、渦巻ケーシングの分割数決定に際しては従来のような輸送上の寸法制限よりむしろ工場における製作上の都合により決定されたもので、バンコックまでの海上輸送費ならびに加工費の点からも綿密に比較検討が加えられ、最終案として7分割のフランジ継手方式を採用したものである。

熔接構造でしかもフランジ継手方式を採用した大容量機の代表的な最近の製作例としては御母衣発電所およびパークラ発電所納渦巻ケーシングがあり、設計水圧 15.4 kg/cm^2 、胴板厚の最大 42 mm の本渦巻ケーシングに対しても十分自信をもって製作したものである。

製作完了後は日本検査会社の検査官立会の下に工場水圧試験 23.1 kg/cm^2 を実施しその強さ、水密性を確認し優秀な成績を納めた。

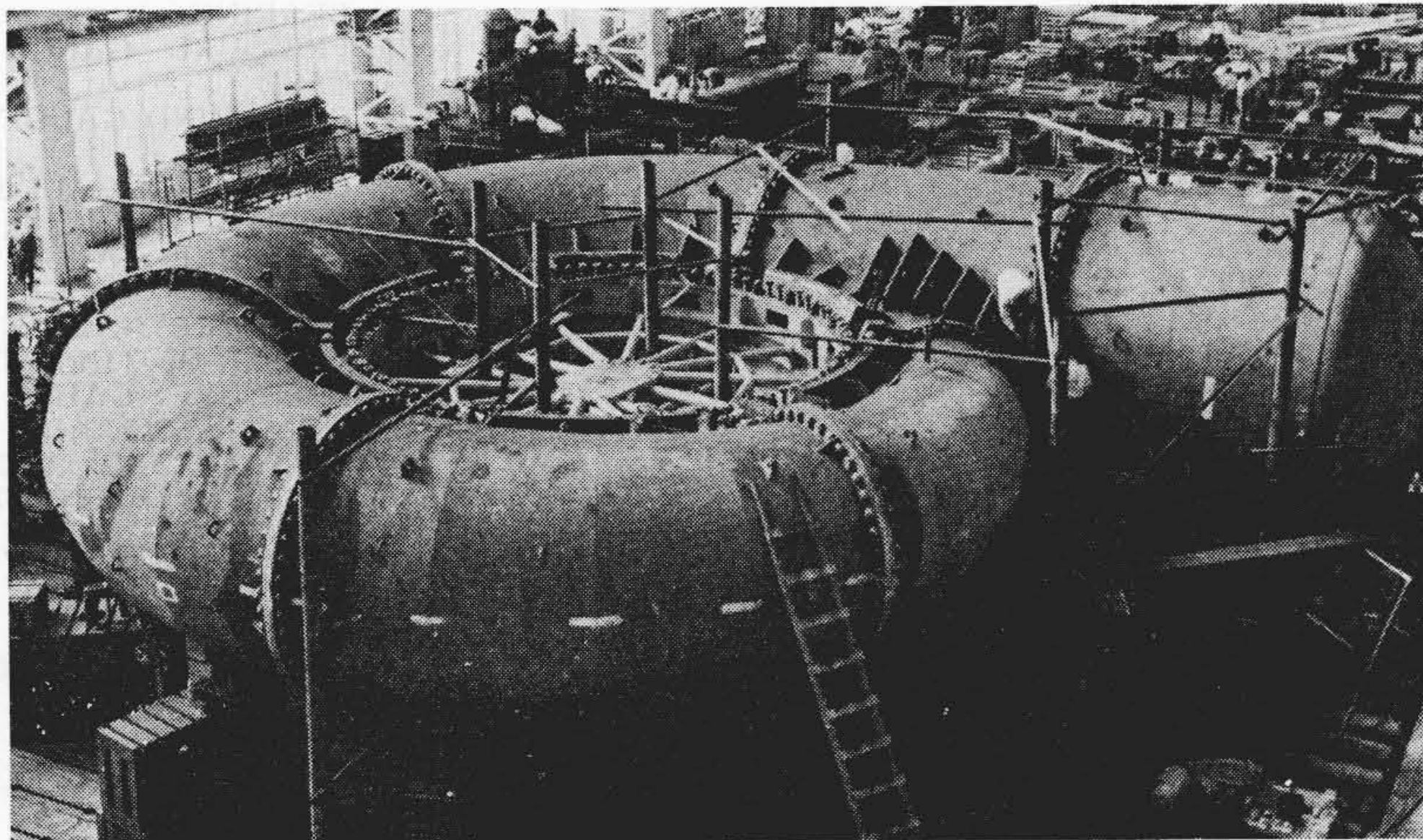
第13図はケーシングの工場水圧試験状況を示す。

なおケーシング据付に際しては現地でケーシング内部に 11.3 kg/cm^2 の水圧をかけた状態でコンクリートを打設する方法が採用されることになっている。

なお入口弁は設置されていない。

4.3.3 主 軸

主軸は軸端径 900 mm、軸長 3.65 m、重量は約 25 t に達し自家工場で鍛造された。主軸の下端は水車ランナにキーおよびボルトで連結される日立標準方式で行なわれるが、上端部は発電機がドイツの AEG 製で、また水車軸と発電機軸結合に使用するリーマボルト、ナット、カバーも発電機メーカーで納入することになっており、一方水車軸と発電機軸との現地リーマ通し作業はタイ国側で行なうことになっているため、これらについては特に多くの



第13図 渦巻ケーシング水圧試験状況

打合せを行ない決定された。リーマボルト下孔は日立よりテンプレートを供給し、発電機、水車とも別個に単独加工を行なった。

4.3.4 主 軸 受

本水車の主軸受は御母衣発電所およびパークラ発電所などの記録的な大容量水車にも適用して好調な運転実績のある日立セグメント軸受方式が採用されている。この方式によれば潤滑油装置、冷却器、油槽、配管もしくは潤滑油など資材の節減はもちろんのこと、水車、発電機の心出しが容易で据付工程を短縮することができ、一方また保守点検ならびに組立分解が容易にできることが特長とされる。

主軸受油槽内には保護装置として温度継電器、温度計などを備えている。

4.3.5 吸出し管ライナ

吸出し管は水車中心から 6.1 m の範囲まで鋼板製ライナで内張りされた。吸出し管は出口幅が約 14 m に達し、10 分割のフランジ継手方式を採用した。吸出し管ライナの出口部分には2個の鋼板製ピアノーズを有するがその1個のピアノーズは 640 t の荷重に耐えるような構造となっており、現地にてコンクリート部

分と合わせ位置決定後吸出し管ライナに熔接される。

吸出し管ライナの外面はコンクリートの接着を考慮し塗装を施さぬのが原則であるが海上輸送中さびの生ずることを懸念し、御母衣発電所納吸出し管に塗装してコンクリートとの接着性ならびにさび止め特性にすぐれた効果を発揮した特殊なセメントミルクの塗装を施し発送した。

5. 制 御 装 置

本発電所は自動操作方式で機器はアメリカの規格 ASA, ASTM, NEMA, ASME によるもので仕様も国内標準と異なったものがある。特に調速機、圧油ポンプ装置、水車制御器具類は一つのキャビネットに内蔵されており、日立製作所では新形の構造である。本構造のキャビネットは従来の形より大きくなるが、発電所全体から見れば据付場所が少なくすみ、配管、配線などもまとまったものとなり、また運転操作、保守が便利である。

5.1 圧 油 装 置

M-M 方式で、油圧 21 kg/cm^2 、容量 300 l/min の立軸スクリュポンプを常用、予備各 1 台備えている。

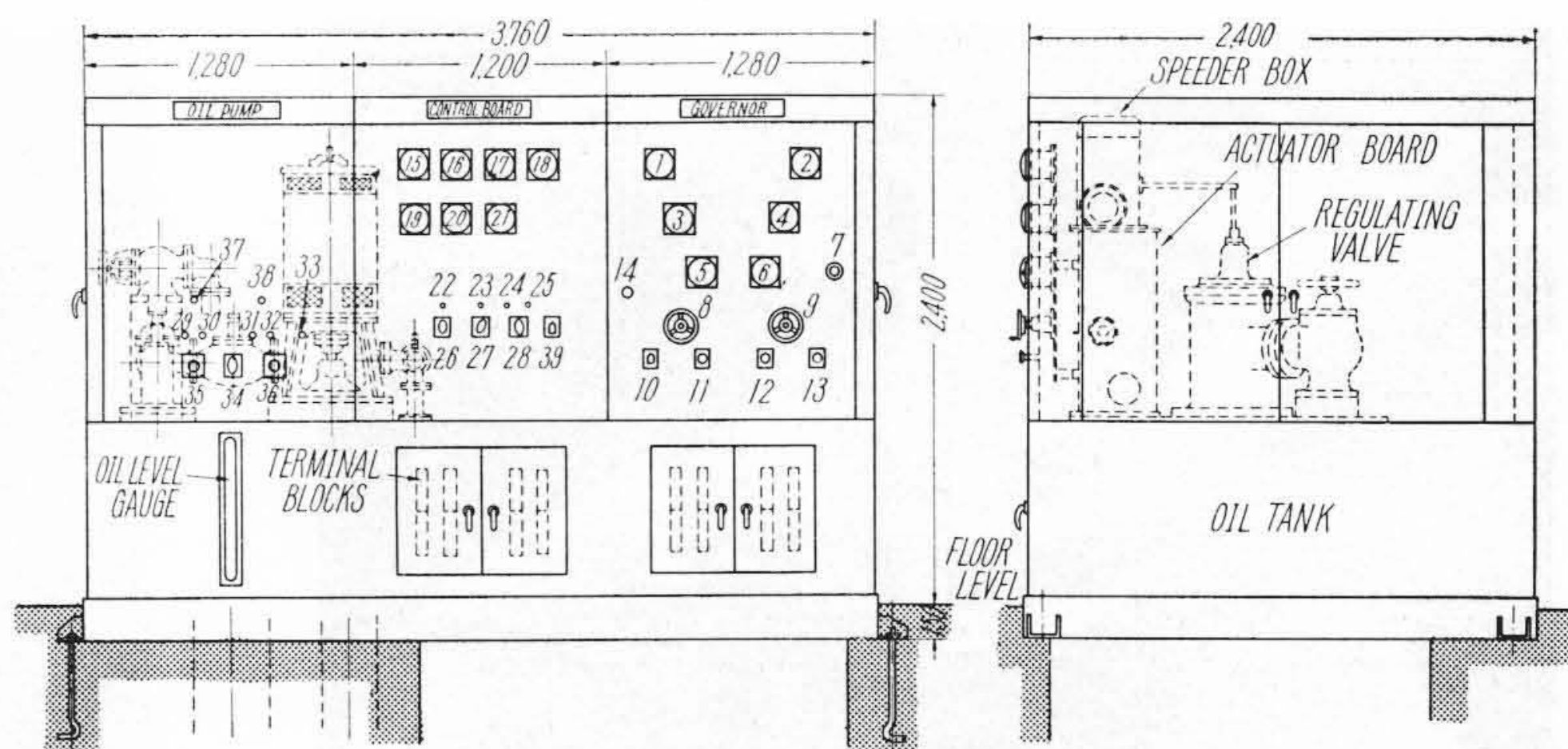
圧油ポンプ装置は電氣的制御装置も含めキャビネットに内蔵され、正面板取付の選択スイッチにより常用、予備の切換運転ができ、また運転、停止の状態は赤、緑のランプで表示される。そのほか自動、手動運転の操作開閉器と、圧油ポンプを手動運転するときのみに使用する押ボタン開閉器が取付けられており、これは圧油ポンプの主制御回路に対して圧油槽油面異常低下時に働く開閉器とバイパス回路になっている。

圧油ポンプが自動運転の位置にあるとき、常用ポンプはアンローダ上部に取付けられている位置開閉器により圧油槽油圧に応じて間欠運転され、また圧油槽油圧が規定油圧以下に低下した場合は、油圧保護装置の油圧継電器が働き、予備ポンプが自動起動する方式である。

集油槽はキャビネットのベースを兼ね、内部には冷却管をそう入してあり、また油面計をキャビネット正面に設けて見やすくしている。

5.2 調 速 機

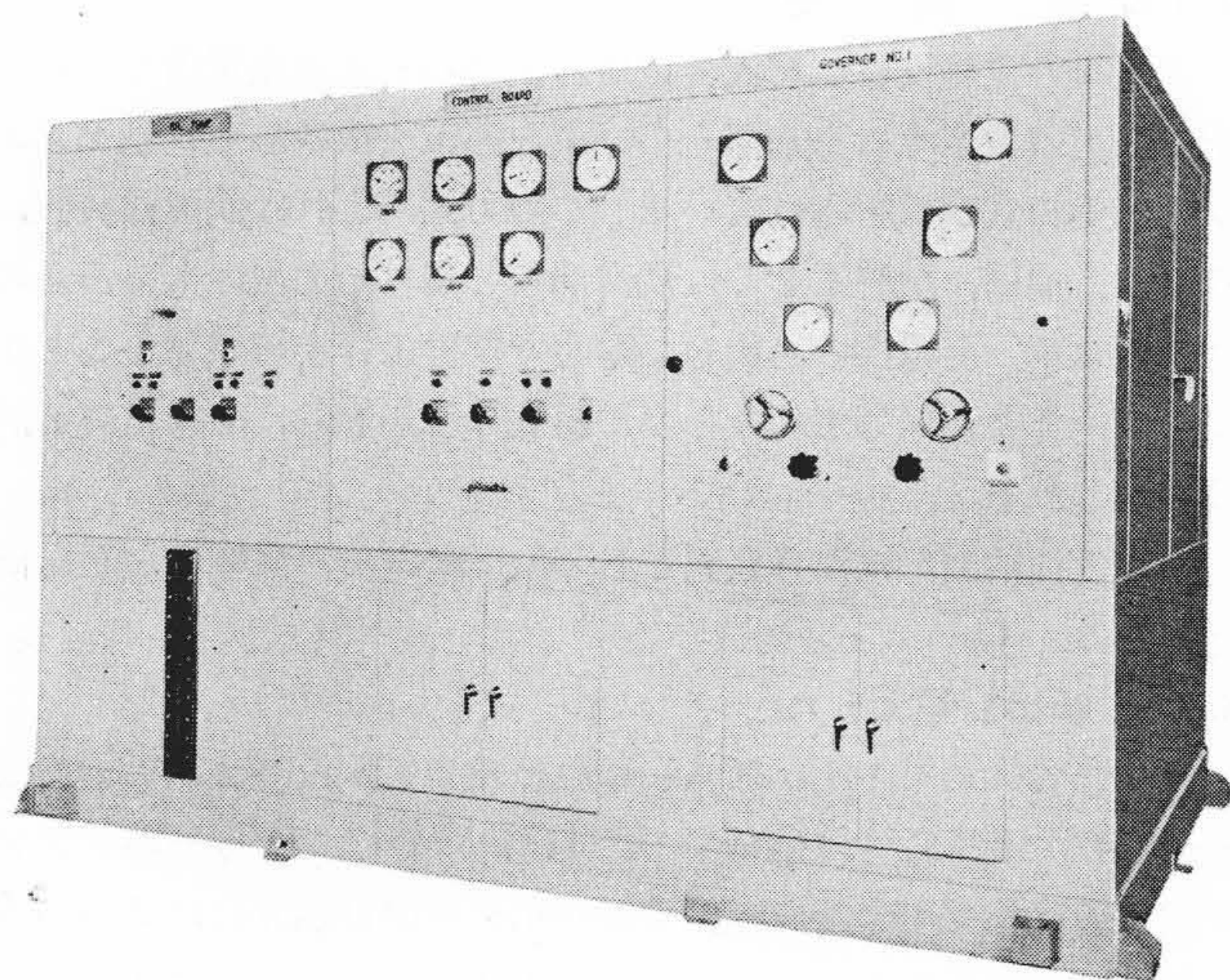
調速機は機械式で最新の改良形である。アクチュエータの各部は



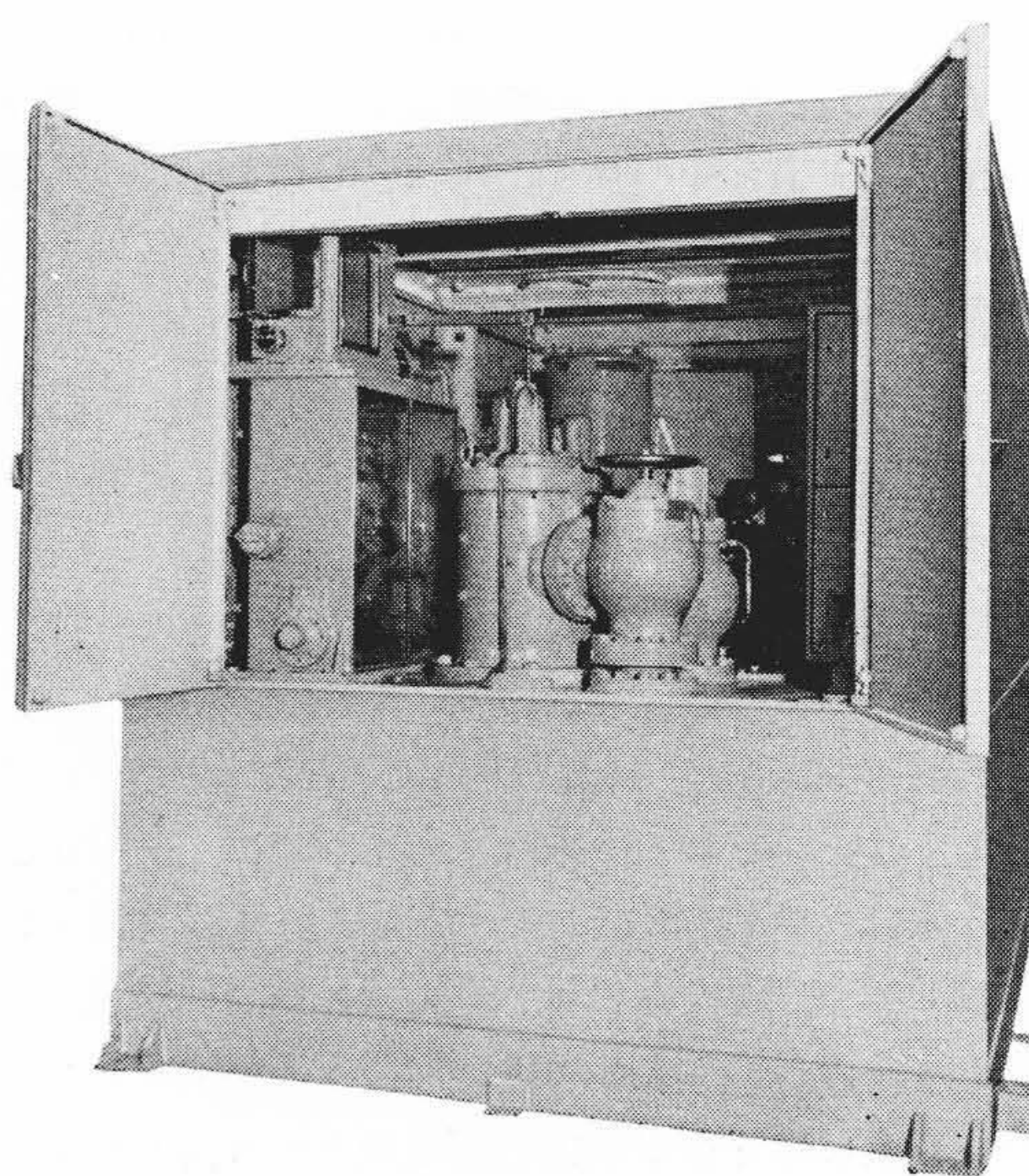
- | | |
|--|--|
| 1 OIL PRESSURE GAUGE | 23 SIGNAL LAMP (GREEN) FOR SHUT-DOWN POSITION OF SHUTDOWN DEVICE |
| 2 SPEED INDICATOR | 24 SIGNAL LAMP (RED) FOR BRAKE ON |
| 3 GATE-LIMIT AND GATE POSITION INDICATOR | 25 SIGNAL LAMP (GREEN) FOR BRAKE OFF |
| 4 SPEED-LEVEL INDICATOR | 26 CONTROL KNOB FOR TURBINE START |
| 5 TRANSFER VALVE POSITION INDICATOR | 27 CONTROL KNOB FOR TURBINE STOP |
| 6 SPEED-DROOP INDICATOR | 28 GENERATOR BRAKE CONTROL SWITCH (BVCS) |
| 7 START AND STOP INDICATING LAMP (FLASHER) | 29 SIGNAL LAMP (RED) FOR NO. 1 OIL PUMP RUNNING |
| 8 GATE LIMIT AND GATE MANUAL CONTROL HANDLE | 30 SIGNAL LAMP (GREEN) FOR NO. 1 OIL PUMP STOP |
| 9 SPEED-LEVEL CONTROL HANDLE | 31 SIGNAL LAMP (RED) FOR NO. 2 OIL PUMP RUNNING |
| 10 CABINET INTERIOR LIGHT SWITCH | 32 SIGNAL LAMP (GREEN) FOR NO. 2 OIL PUMP STOP |
| 11 KNOB FOR TRANSFER VALVE (65 CSC0) | 33 SIGNAL LAMP (RED) LEAKAGE OIL PUMP RUNNING |
| 12 KNOB FOR SPEED-DROOP ADJUSTMENT | 34 CHANGE-OVER SWITCH FOR NO. 1 AND NO. 2 OIL PUMP SELECTION (43 GQCS) |
| 13 KNOB FOR EMERGENCY STOP SWITCH (5 CSD) | 35 NO. 1 OIL PUMP CONTROL SWITCH (GPCS1) |
| 14 KNOB FOR FRONT DOOR OPEN | 36 NO. 2 OIL PUMP CONTROL SWITCH (GPCS2) |
| 15 THERMOMETER FOR TURBINE BEARING | 37 BYPASS PUSH BUTTON-NO. 1 OIL PUMP |
| 16 PRESSURE GAUGE FOR SPIRAL CASE | 38 BYPASS PUSH BUTTON-NO. 2 OIL PUMP |
| 17 COMPOUND GAUGE FOR RUNNER CROWN | 39 SWITCH KNOB FOR CIRCUIT CUTOFF OF BRAKE SOLENOID |
| 18 COMPOUND GAUGE FOR DRAFT TUBE | |
| 19 PRESSURE GAUGE FOR SEALING BOX | |
| 20 PRESSURE GAUGE FOR COOLING WATER OF TURBINE BEARING | |
| 21 PRESSURE GAUGE FOR BRAKE AND SERVICE AIR | |
| 22 SIGNAL LAMP (RED) FOR RESET POSITION OF SHUTDOWN DEVICE | |

第 14 図 調速機、圧油ポンプ、水車制御式キュービクル外観図

開放平面的で運転中の動作が一見してわかり、点検調整がきわめて容易であり、また各機構は遊び動作の起きにくい構造とし、レバーなどにはすべてボールベアリングを使用して円滑に動作するようにしている。速度調整および負荷制限装置のリミットスイッチはカムにより直接スイッチを操作するもので容易に調整しうる構造である。



第 15 図 調速機、圧油ポンプ、水車制御式キュービクル外観図



第 16 図 調 速 機 側 面 図

並列運転中调速機の速応性を増すためにダッシュポットの活殺装置を備えているが、この操作を配電盤室から任意に操作できる構造になっている。

各種指示計は正面に取付けて、これを正確に指示させるために指示機構にはレバー、ロッドの使用をやめて、特殊チェーンを使用しており、目盛りは試験結果により合せ書きとしている。

5.3 運転制御装置

第 17, 18 図は本発電所の油管および水管関係の系統図を示す。

自動発電所であるので配電盤より「起動」「励磁」「並列」「負荷」「停止」の操作ができ、またキャビネット制御盤からも運転停止ができる。

制御盤は前述のとおり调速機、圧油ポンプ装置を内蔵したキャビネット内で運転操作を便利にしている。

運転制御方式および器具の特異な点として次のものがある。

(a) 部分遮断装置

本装置は系統事故などで発電機に及ぼす悪影響を防止する目的で、水車ガイドベーン開度を無負荷開度に閉じるものである。事故の条件は顧客側で準備されるが、電磁弁の操作によって油圧を切替え、負荷制限レバーを利用して案内羽根を無負荷開度に閉じる構造になっている。

(b) ブレーキ装置

キャビネット正面に「自動」「手動」「切」の切替開閉器があり、開閉器が「自動」のときは交流遮断器開路、ガイドベーン全閉、発電機速度 30~60 rpm 間の整定点などの条件が満足すると、初めは間欠制動を行い引続き連続制動をして主機を停止し、その後に制動を解除する。

(c) 多段式遠心力開閉器

従来水車発電機の過速、同期、制動などの速度を検出するための遠心力開閉器は、おのおのに 1 個の接点を有するものを使用した。が、本発電所納めの遠心力開閉器は昇速用の主軸に 5 接点、降速度補助軸おのおのに 3 接点、合計 11 個の水銀スイッチを配置して制御系への適用を容易かつ確実にしたものである。

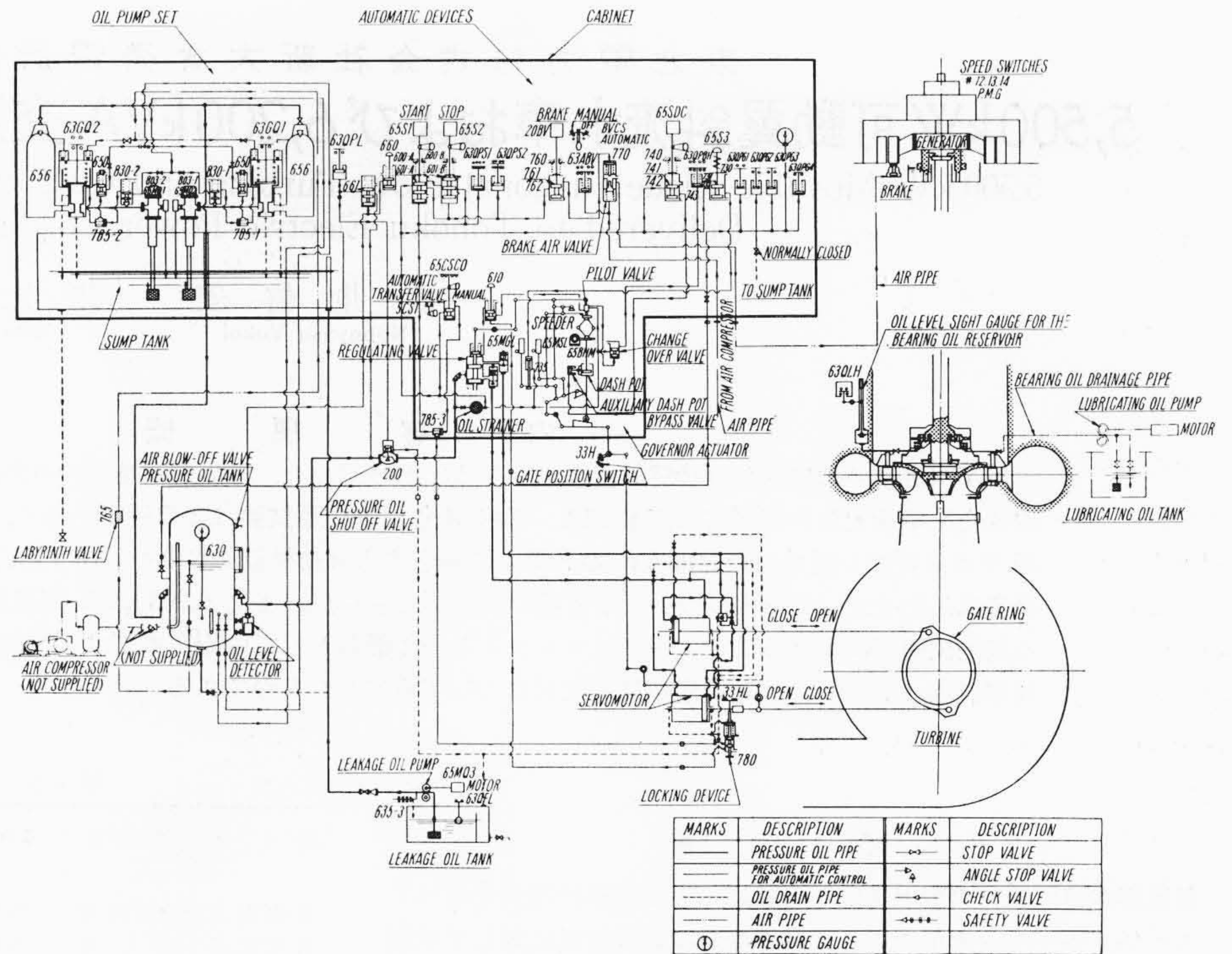
本遠心力開閉器のおもなる特長としては

- (i) 回転体に働く遠心力を上下運動に変えて水銀スイッチを傾ける構造になっているから、接点部分が回転せず接点動作が安定している。
- (ii) 接点動作が 3 本ありおのおの別な速度にて接点が動作するように調整できる。
- (iii) 接点動作調整範囲が広く、希望速度に動作点を調整できるように速度調整目盛がある。

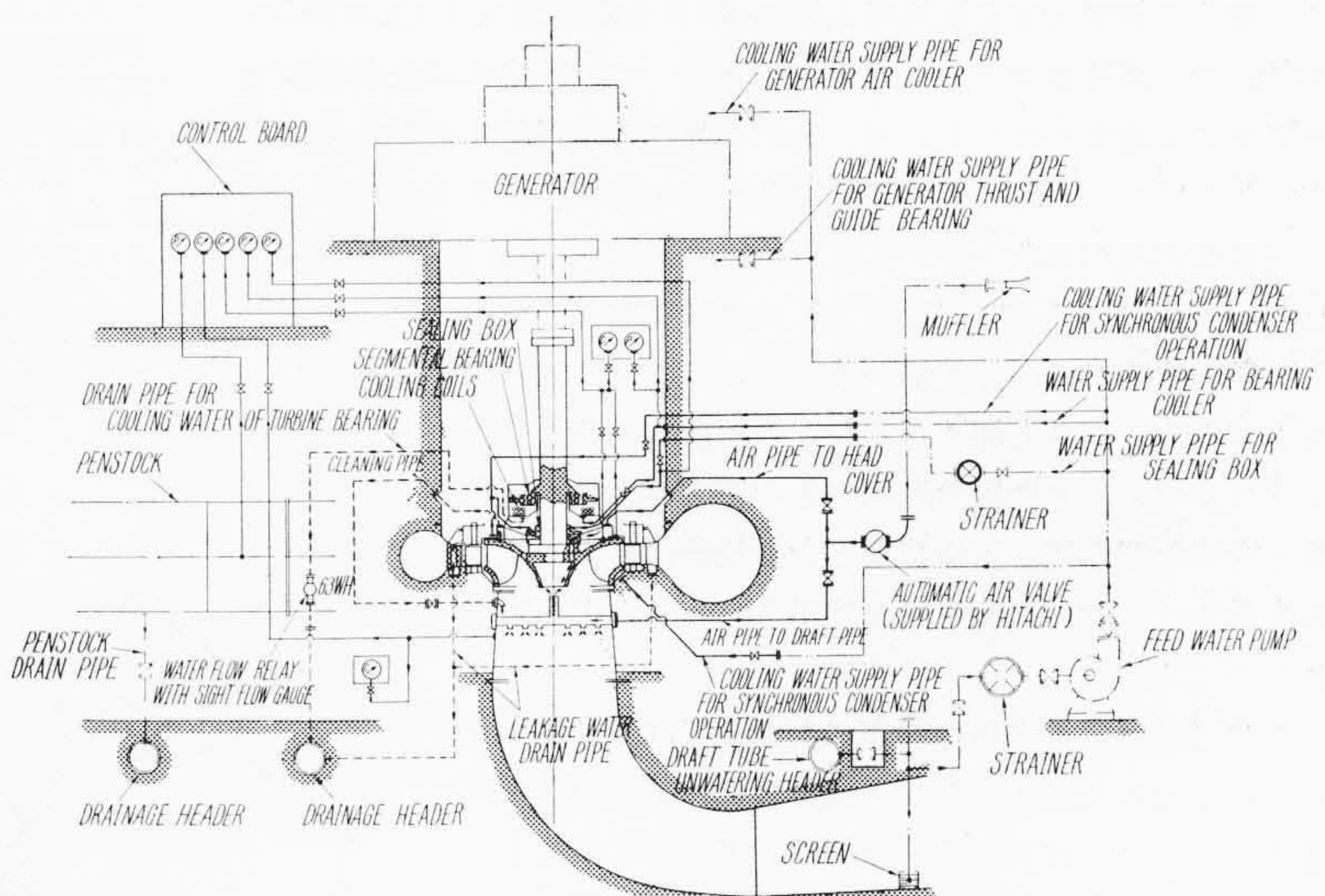
(d) 開閉器類

前項の遠心力開閉器および位置開閉器油圧開閉器、そのほかリミットスイッチ類は顧客側の要求によりすべて水銀スイッチを使用した。が、これら製品の性能、耐久力は試作品により十分確認された上製品化されている。

操作電源は AC 3 φ, 440 V, 50~, AC 1 φ, 115 V, 50~, DC 125 V である。



第 17 図 油 管 系 統 図



第 18 図 水 管 系 統 図

6. 結 言

建設後はタイ国唯一の大容量水力発電所となるブミポール発電所用 115,000 HP (86,500 kW) フランシス水車と制御装置をアメリカ ECI を通じてタイ国政府より受注し、鋭意製作中であつたが、ここに完成をみたのでその全容を紹介した。

全製品はすでに ECI およびタイ国政府技師、日本検査会社による立会試験も完了し現地向け発送済で、目下据付を待っている状態である。完成後はヤンヒー多目的計画の一環として、タイ国電力需給の面で大いなる貢献をし、タイ国の今後の産業開発面より飛躍的な原動力となることが期待されている。同じアジアの一員として日立製作所がまた日本がこの水車の納入によりタイ国の発展にわずかなりとも貢献できることを光榮に感ずるものである。

終りに本水車の製作に際し多大のご援助とご指導を賜わった、ECI Mr. Killgore, Mr. Noonan 両首脳を始めとして、各 engineer に厚く感謝の意を捧げる。