

関西電力株式会社 納

## 丸山発電所用 70,000 kW 水車に就いて

小森谷 享\* 深 栖 俊 一\*\* 高 橋 春 夫\*\*\*

The 70,000 kW Water Turbine Supplied to the Maruyama  
Power Station, Kansai Electric Power CompanyBy Tōru Komoriya, Shun'ichi Fukasu and Haruo Takahashi  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

The Maruyama Power Station of Kansai Electric Power Company is located in Gifu Prefecture and avails the waterflow of the Kiso River through a concrete dam erected across the river in linear gravity type, 88 m high and 265 m long. The water is led from the right bank of the dam into the regulating pond, whence flowing in a pressure tunnel and penstock to reach the generator house to be transformed into 125,000 kW (max.) of electric energy.

The waterwheel is a large-sized Francis turbine for middle head, which reflects radically new idea of the Hitachi's design engineers and embodies the top constructional techniques in the present-day Japan. Already qualified for the factory test to the full satisfaction of all concerned, the machine is under installation at site, to start in commercial operation from the next March in couple with a generator of also Hitachi make.

Side by side with a series of model tests in which the excellent characteristics of the waterwheel were testified, various experiments were accomplished and the result of them was scrupulously studied to assure the good performance. As regards the materials specific testing device was used to see their wear- and corrosion-resistance and only those excelling in these respects were taken into use, and the high level of Hitachi's machining technique has guaranteed the high precision of size of them. Due considerations were taken in connection with the economy of installing cost, simplification of installing work, facilitation and positiveness of maintenance, disassembly and repair.

Thus the waterwheel is expected to answer fully the expectation of the various quarters concerned for a large contribution to the Japan's industries with its excellent performance.

## 〔I〕 緒 言

丸山発電所用 70,000 kW フランシス水車は我国に於ける最大容量機として各方面より注目されており、先に日立製作所に於て本発電所の第1号機を受註以来(第2

\* \*\* \*\*\* 日立製作所日立工場

号機用水車は電業社原動機製造所)最大の努力を傾けてこれが設計製作を進め、先般日立製作所に於て工場組立を完了し目下現地にて鋭意据付組立が行われている。水車の性能は工場の水力実験室にて模型試験を行つてその優秀性を確認すると共に、新らしい考案の採用に就いては各種実験を行い慎重なる検討を加えられたのもので、

例えばランナその他流水にふれる部分に使用された不銹鋼材の耐摩耗性及び耐蝕性に就いては特別の材料試験装置により予め試験片を多数準備して調査を行つて実物の製作方針を定め製品に対しても試験片を採取してその確認を行い、又各部構造には多くの斬新な構想が採用されており、水圧自動閉鎖式ガイドベーン、ガイドベーンの上下間隙調整装置、キャビネット型調速機、自動グリース給油装置、各油槽中の水分混入検出継電器等多年に亘る試作研究の成果を始めて実用化したものが多数設けられている。この他保守点検、組立分解等が確実容易に行い得るよう特殊工具（特許出願中）を準備する等大容量水車として特別に考慮されたものも含まれている。こゝに本水車の概要を紹介する。

〔II〕 計 画 概 要

本計画は岐阜県加茂郡八百津町安渡及び同県可児郡上之郷村小和沢に於て、木曾川本流を横断し堤高 88 m, 総延長 265 m, 容積 500,000 m<sup>3</sup> の直線重力型コンクリート堰堤を築造し、その右岸に取水口を設け延長 965.64 m の圧力隧道を経て調圧水槽に達し、これより水圧鉄管に依り発電所に導かれ、発電の上直接本流に放流する。この下流にある既設八百津発電所（最大出力 10,800 kW）は本計画により廃棄される筈である。第1図は木曾川水系一覽図、第2図及び第3図は本発電所計画の概要を示す。

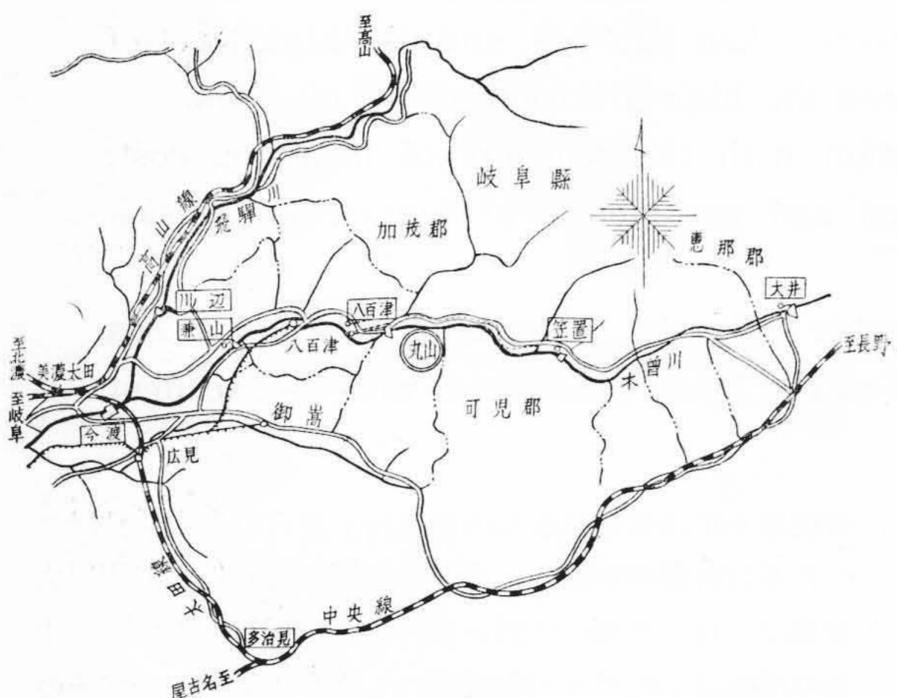
堰 堤 位 置

右 岸 岐阜県加茂郡八百津町字安渡

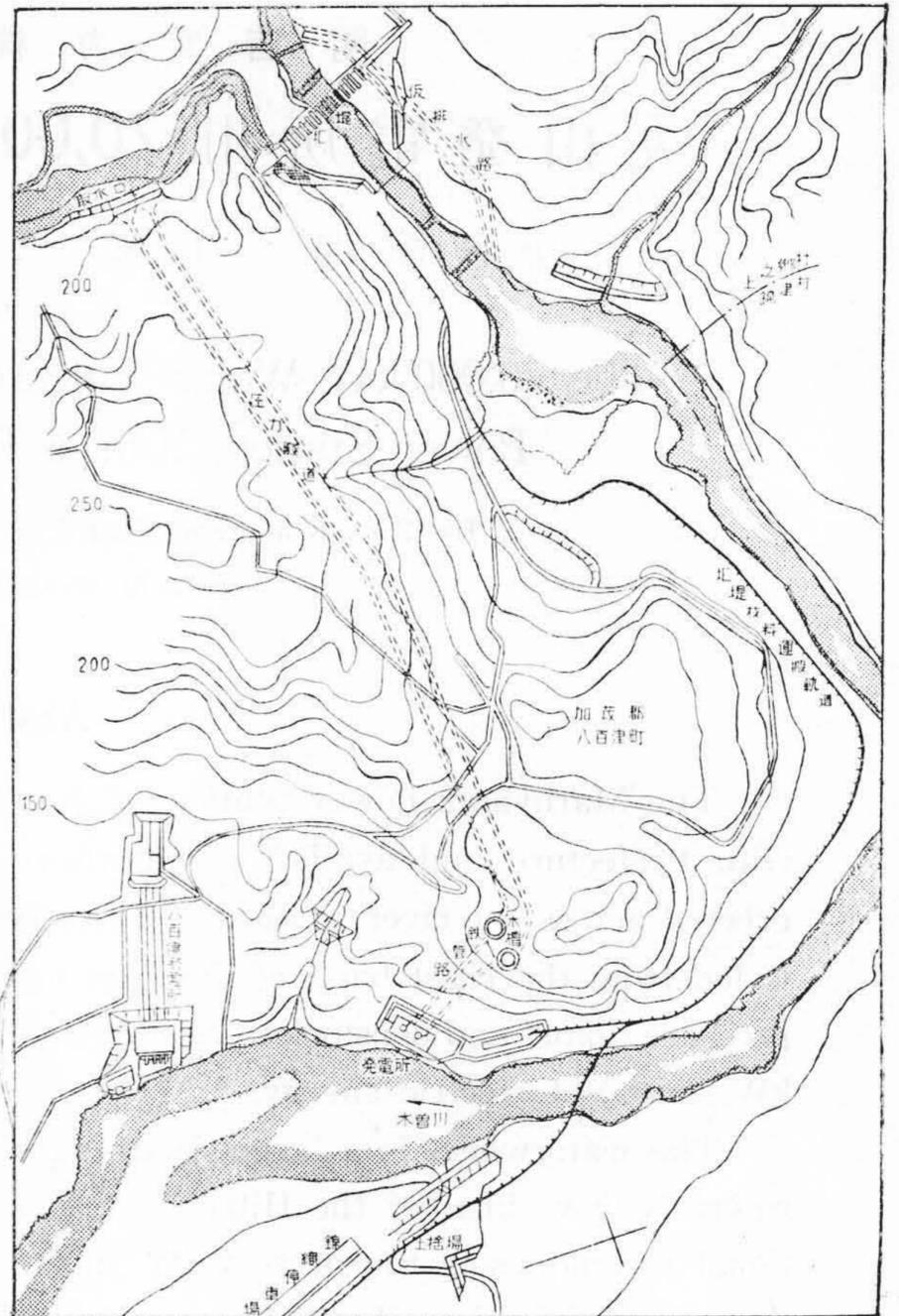
左 岸 岐阜県可児郡上之郷村大字小和沢

取 水 口 岐阜県加茂郡八百津町字安渡

発 電 所 位 置 岐阜県加茂郡八百津町字港向



第1図 木曾川水系一覽図  
Fig. 1. Map Showing the Kiso River



第2図 発電所附近平面図  
Fig. 2. Map Showing Power Station Site

放水口位置 岐阜県加茂郡八百津町字港向

取水河川名 木曾川水系木曾川

流域面積..... 2,409km<sup>2</sup>

計画洪水量..... 6,600 m<sup>3</sup>/sec

使用水量

最大..... 186 m<sup>3</sup>/sec

常時..... 46 m<sup>3</sup>/sec

有効落差

最高落差..... 80.7 m

最低落差..... 71.6 m

発電所出力

最大..... 125,000 kW

常時..... 27,200 kW

可能発生電力量

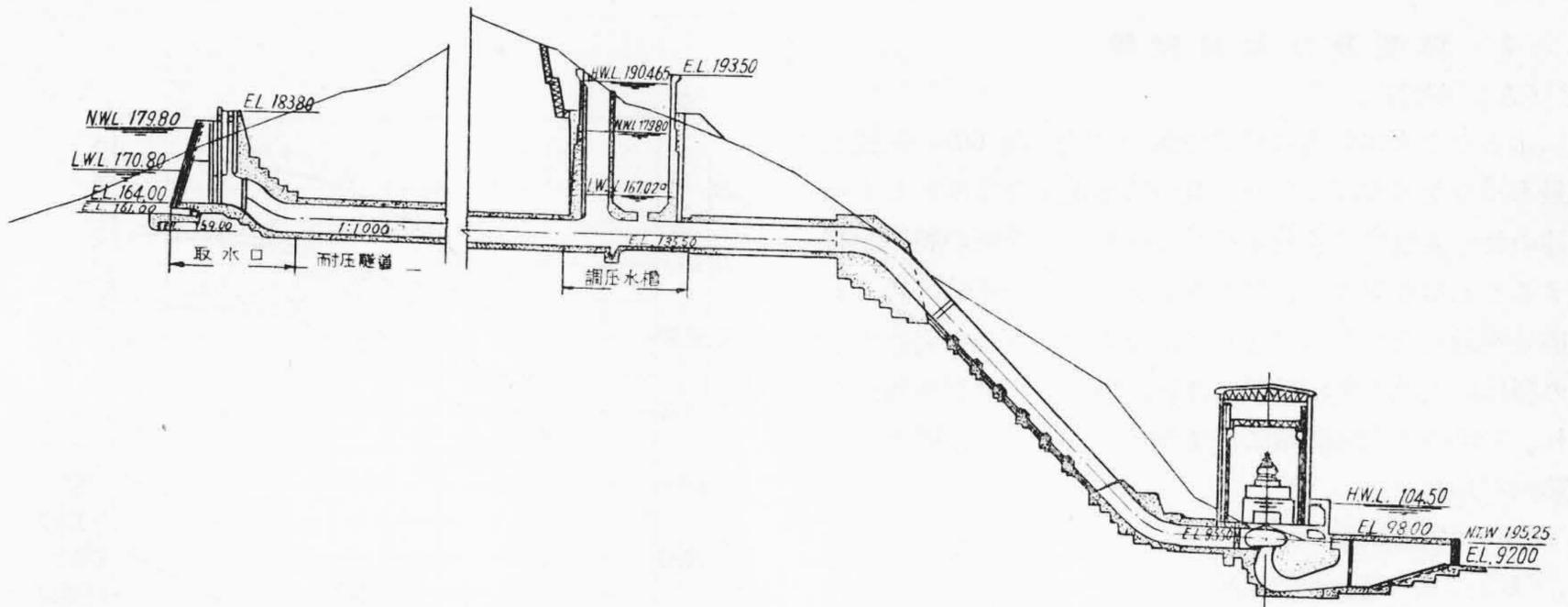
年間..... 635,000,000 kWh

冬期(12月~3月).. 152,000,000 kWh

調整池

常時満水面標高..... 179.80 m

低水面標高..... 170.80 m



第3図 丸山発電所水路縦断面図  
Fig. 3. Longitudinal Section through Waterway of Maruyama Power Station

総貯水量..... 59,350,000 m<sup>3</sup>  
 有効水量..... 18,220,000 m<sup>3</sup>  
 利用水深..... 9.0 m  
 湛水面積..... 229 km<sup>2</sup>  
 背水距離..... 15,435 m  
 堰 堤  
 型 式.....直線重力型コンクリート造  
 高 さ.....88.0 m  
 (基礎岩盤より満水面迄)  
 長 さ..... 265.0 m (溢流部 74 m)  
 制水門扉.....ローラーゲート5門  
 (高さ 14.7 m×幅 10 m)  
 コンクリート容積..... 500,000 m<sup>3</sup>  
 河 川 流 量  
 豊 水 量..... 146.3 m<sup>3</sup>/sec  
 平 水 量..... 94.6 m<sup>3</sup>/sec  
 低 水 量..... 61.7 m<sup>3</sup>/sec  
 渴 水 量..... 36.1 m<sup>3</sup>/sec  
 取 水 口  
 全 幅..... 40.60 m  
 流入水深.....満水時 16.80 m  
 制水門扉.....ローラーゲート2門  
 (高さ、幅共 6 m)  
 導 水 路  
 大 き さ....円形圧力隧道2条 内径 6.0m  
 長 さ 第1号..... 965.794 m  
 第2号..... 913.580 m  
 調 圧 水 槽  
 型 式.....差動式調圧水槽 2基  
 内 径..... 19.00 m  
 高 さ..... 31.25 m  
 ライザー..... 内径6.0 m×高さ 28.35 m

水 圧 鉄 管  
 直 径.....内径 5.50 m—4.20 m 2条  
 亘 長 第1号.....144.83 m  
 第2号.....154.48 m  
 発電所建家  
 間口 57.7 m×奥行 22.6 m×高さ 21.5 m  
 放 水 路.....全幅 30 m×長さ 30 m  
 所 要 資 材  
 鋼 材.....8,000 t  
 セメント.....150,000 t

〔III〕 水 車

(1) 水車仕様

水車は最大出力70,000 kWの本邦最大容量機であり、その仕様は次の通りである。

|       | 出力<br>(kW) | 有効<br>落差<br>(m) | 水量<br>(m <sup>3</sup> /sec) | 回転数<br>(r.p.m.) | 比較<br>回転度<br>(m-kW) |
|-------|------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| 最高落差時 | 70,000     | 80.7            | 95.4                        |                 | 179.5               |
| 基準落差時 | 66,000     | 80.0            | 90.0                        | 164             | 176.0               |
| 最低落差時 | 55,000     | 71.6            | 85.0                        |                 | 184.5               |

型 式..... FSS-V  
 台 数..... 1台  
 運 転 方 式..... 1人制御式  
 回 転 方 向..... 発電機側より見て時計廻り  
 据 付 床 方 式....単床式コンクリートパーレル  
 効 率....基準落差に於ける最高93.5%  
 速 度 変 動 率.....25%以内  
 但し発電機の回転部の GD<sup>2</sup>.....9,200 t-m<sup>2</sup>  
 調速機閉鎖時間.....4.0 sec  
 調速機不動時間.....0.3 sec  
 水 圧 変 動 率 (水柱最大).....107 m 以内  
 無 拘 束 速 度.....181%(296.5 r.p.m.)

(2) 模型及び材料試験

(A) 模型試験

本水車は本邦最大容量機であつて関西向 60~ 系統上最も重要な発電所であり、且つ貯水池用発電所として前述の如く変動する各落差に於て極度に高性能の特性を有することが要望され、且つランナは長期の運転に於ても磨耗腐蝕しないものでなくてはならぬ。従つて実物水車の製作に先立ち模型試験には特に慎重なる検討が加えられ、工場の水力実験室に於て例えば下記の如き種々の試験が行われた。

- (a) 効率試験
- (b) 空洞現象性能試験
- (c) 水圧自動閉鎖ガイドベーンの特性試験
- (d) インデックス法による水量指示試験

水車効率に関しては縮尺比 1/6.5 のものを製作し、ランナに就いては性能を十分保証し得るよう、最高効率点の適正なる配置と各流量各変落差に就いて最良の効果を与えるランナの設計であることを確認した。試験の結果、模型水車効率は 91.7% を示し、これをムーデーの 1/5 乗式  $\{\eta_0=1-(1-\eta_m)(d/D)^{1/5}\}$  に依り実物水車効率に換算すると 94.3% の高効率を与え、各流量落差に就いても高性能である事が確認された。第 4 図は実物水車推定性能及び水量を示す。

ガイドベーンの水圧に依る閉鎖力の測定は水力実験室に油圧式サーボモータを使用せる特別の試験装置により多数の模型ガイドベーンに就いて比較試験を行いその結果より実物の製作に当つた。

第 5 図は自動閉鎖力推定曲線を示す。

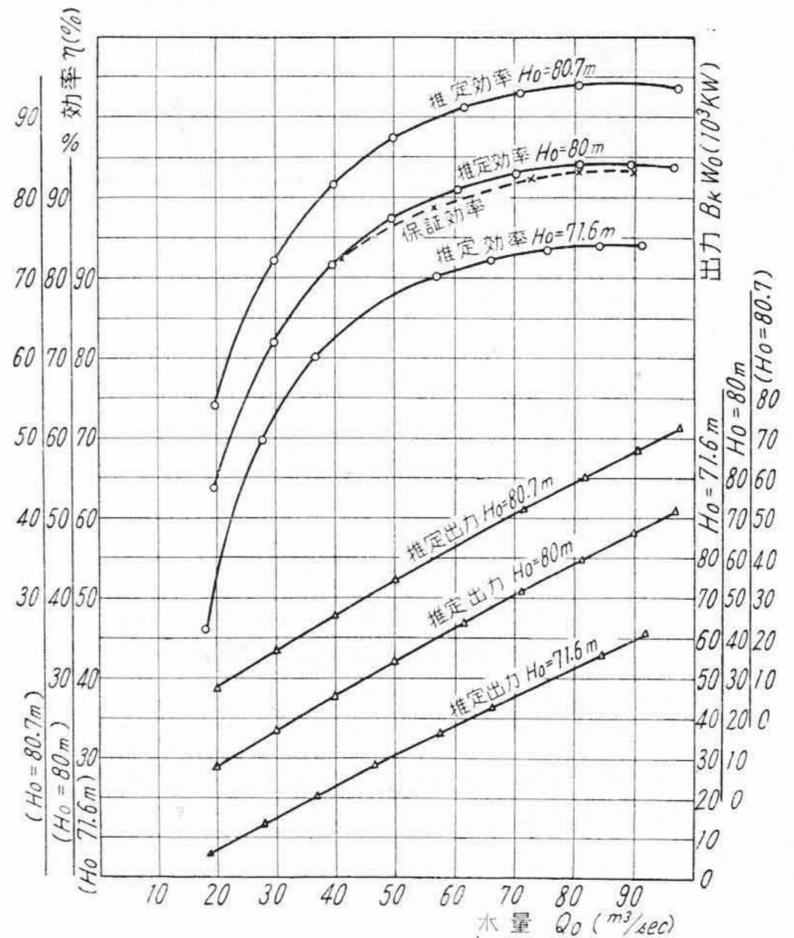
インデックステスト法に就いても精密な研究が進められ実際面に最も適正な測圧孔の位置を与える事が出来た。

空洞現象性能試験に用いたランナは縮尺比 1/14.6 のものでドラフトパイプ及びランナシュラウドリング下側を透明合成樹脂製とし、羽根出口部に於ける空洞現象発生状況をストロボ装置により観察した。

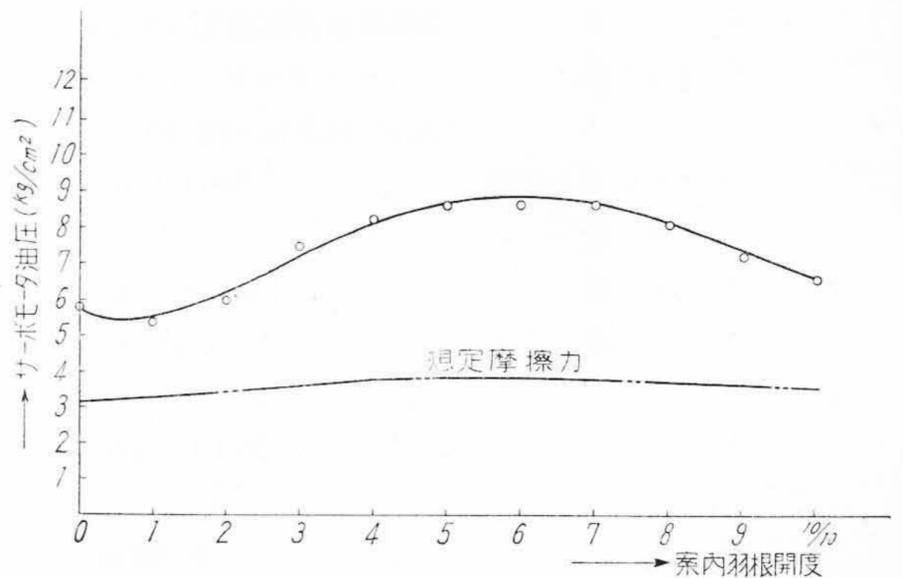
又その模型試験結果、空洞現象発生限界を実物水車に換算するに当つては既に知られる如く、トーマの係数  $\sigma=(H_a-H_s)/H$  を用いて空洞現象性能の測定規準とし、各開度、各  $\sigma$  に就き性能を調べ、実際運転時状況に対する空洞現象性能を慎重に検討した。

(B) 材料試験

水車の寿命を左右する材質に関してはその組織の分析、材料試験は勿論のこと、耐蝕、耐磨耗性の検討も十分にやり、長年の運転に対して性能低下を最少限にとゞめるよう、優秀な材料が使用されている。材料試験の中特殊のものを挙げれば次の如くである。



第 4 図 実物水車の推定性能曲線図 Fig. 4. Expected Efficiency of Actual Turbine



第 5 図 ガイドベーンの水圧による自動閉鎖力推定曲線 (模型試験結果より)

Fig. 5. Diagram of Self-shutting Force of Guide Vanes by the Water Pressure (Expected from the Result of Model Test)

(a) 土砂を含む流水に対する耐磨耗性試験

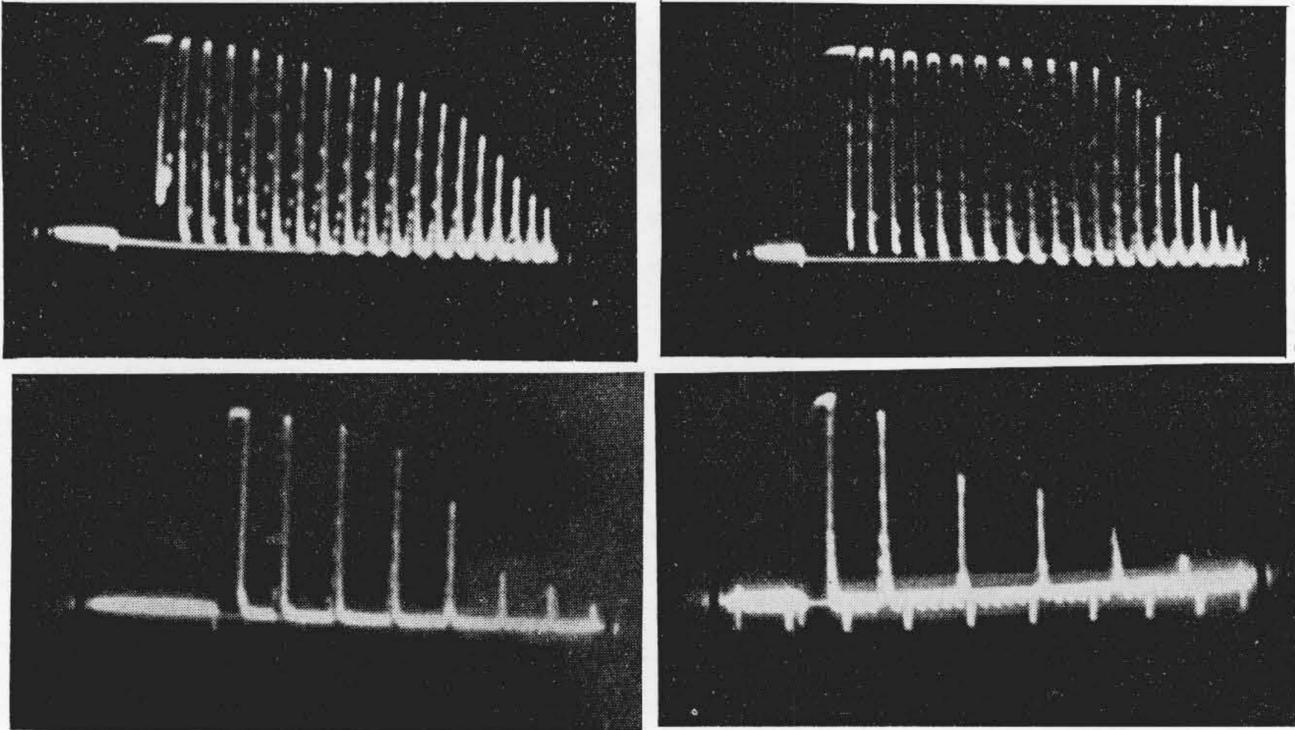
土砂による磨耗はランナ、ガイドベーン及びライナ等に特に著しく現われる現象で、このために十分な耐磨耗性材料を選定することが重要である。これに関し、成分、組織及び熱処理過程を変えた各種材質別試験片を造り、日立研究所材料試験室に特別の試験装置を設けて土砂混入の流水に曝すことにより耐磨耗性の比較検討を行

い、最良のものを採用し、併せて製品母材からも試験片を採取してその耐摩耗性に対する確認をも行つた。

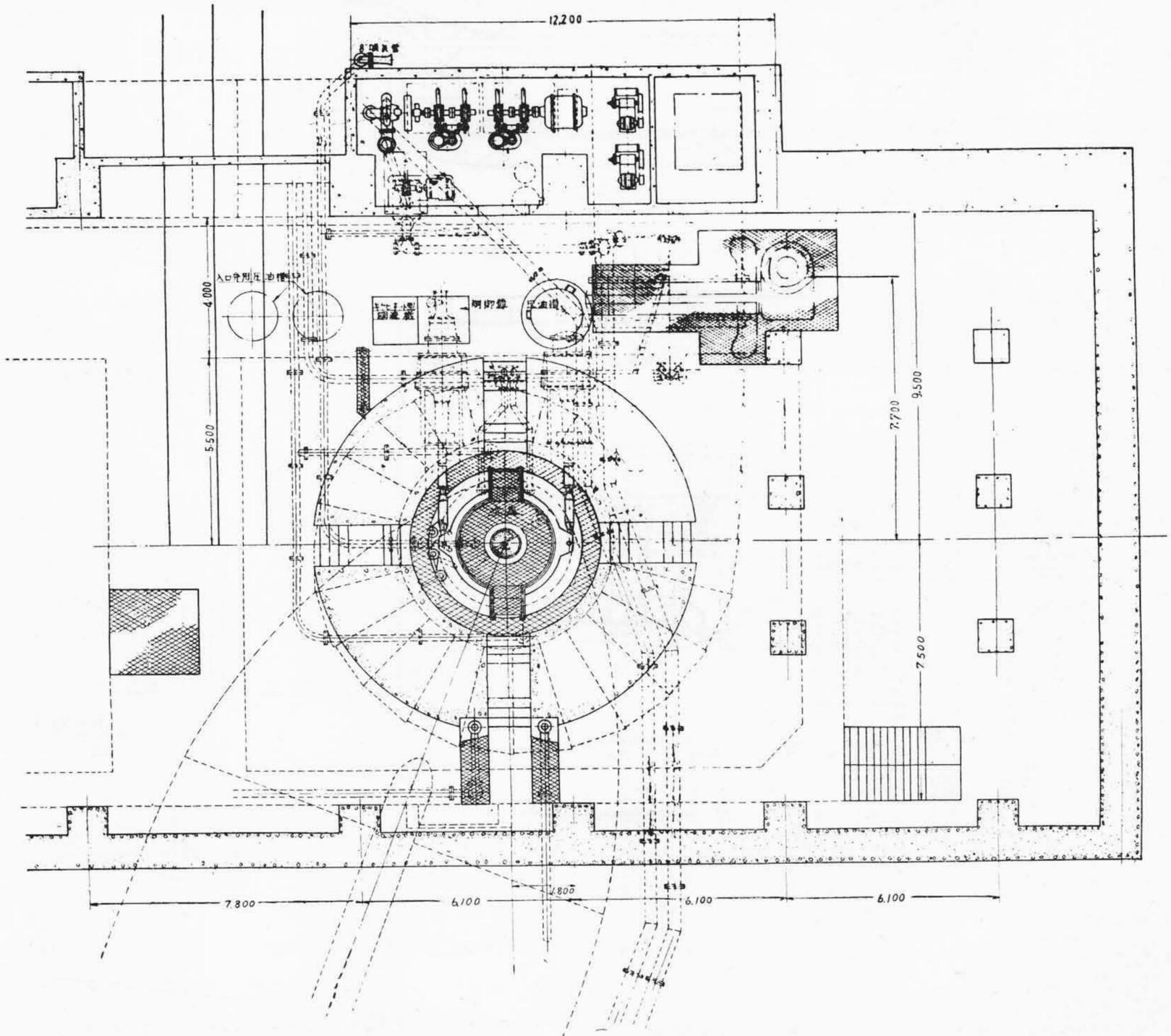
(b) 空洞現象の発生に対する耐蝕性試験

転負荷運転時羽根裏面の小範囲に発生する空洞現象に

よる腐蝕を最少限度に防止するため上記材料試験室に特に空洞現象の発生装置を設けて、予め多数の試験片により各種の材質別に熱処理温度、炭素或はその他成分の含有量等の差異、熔接肉盛施工法等の差異による影響を詳



第6図  
超音波探傷試験記録  
Fig. 6.  
Result of Supersonic Flaw  
Detecting Test



第7図 据付平面図

Fig. 7. Plane of Power House

細に調べ、ランナその他の材質選定の基礎資料を作成して実物の製作に遺憾なきを期し、尙念のため製品母材からも十分なる試験片を採取して試験を行いその耐蝕性に対する確認を行った。

(c) 材料或は熔接部の組織検査

鑄造上或は鍛造圧延上の欠陥の有無又は熔接部の巣発生の有無等を検査するため、超音波探傷試験、X線透過撮影、切断面の顕微鏡試験を行い、ランナ、ガイドベーン若しくはカバーライナ等に関し良好均質な材料たることを調査確認した。

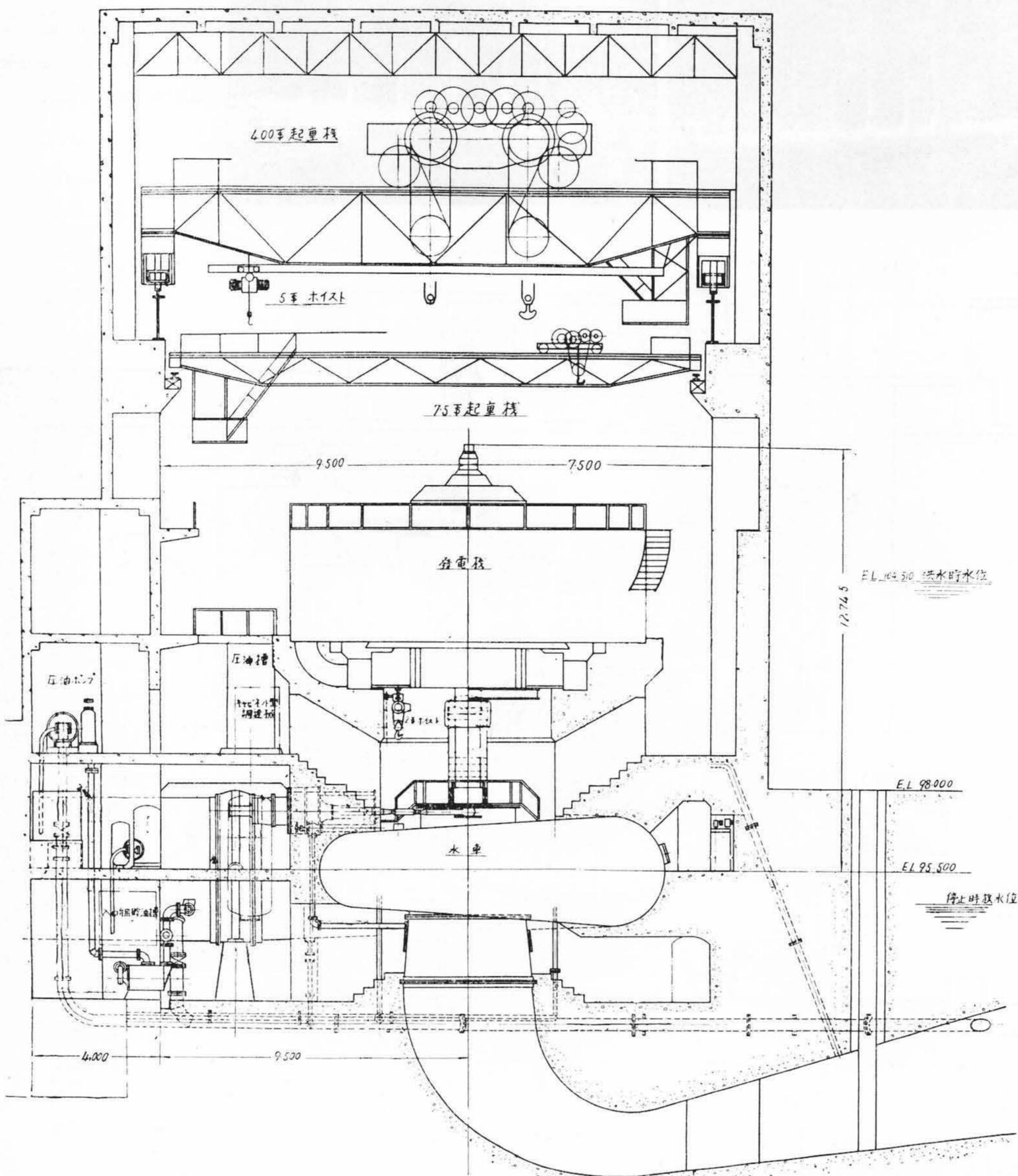
第6図(前頁参照)は不銹鋼板の超音波探傷試験記録を示す。

(3) 配置及び構造

(A) 各機器の配置

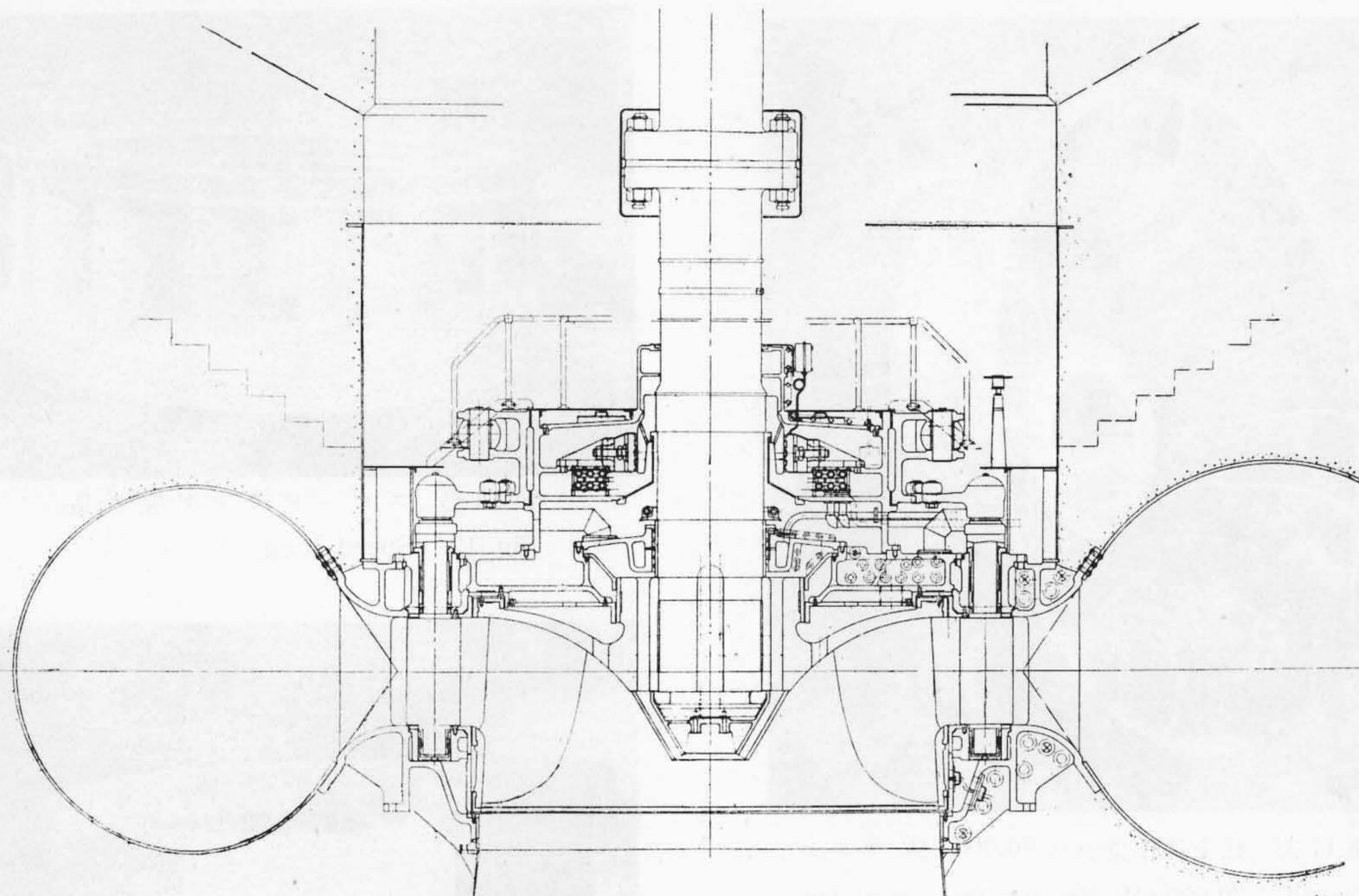
据付方式は第7図(前頁参照)及び第8図に示すように単床式コンクリートバーレルとし、建屋の大きさに対しては、必要にして且つ十分な床面積及び高さを取り極力資材の節減を計った。しかしこのために狭苦しい機器の配置とならぬように十分考慮されている。

圧油装置関係、空気圧縮機、所内変圧器等は別の部屋に設置し、サーボモータは半埋込式とし、将来必要に応じ設置される入口弁と共に床面下に設置されたので、床面上にはキャビネット型調速機、水車制御盤及び圧油槽のみが配置され、所内は広々とした感じで明るく、運転



第8図 水車及び発電機据付断面図

Fig. 8. Longitudinal Section of Power House



第9図 水車構造断面図  
Fig. 9. Sectional View of Main Turbine

保守の面からも便利な配置と考えられる。

(B) 水車本体の構造

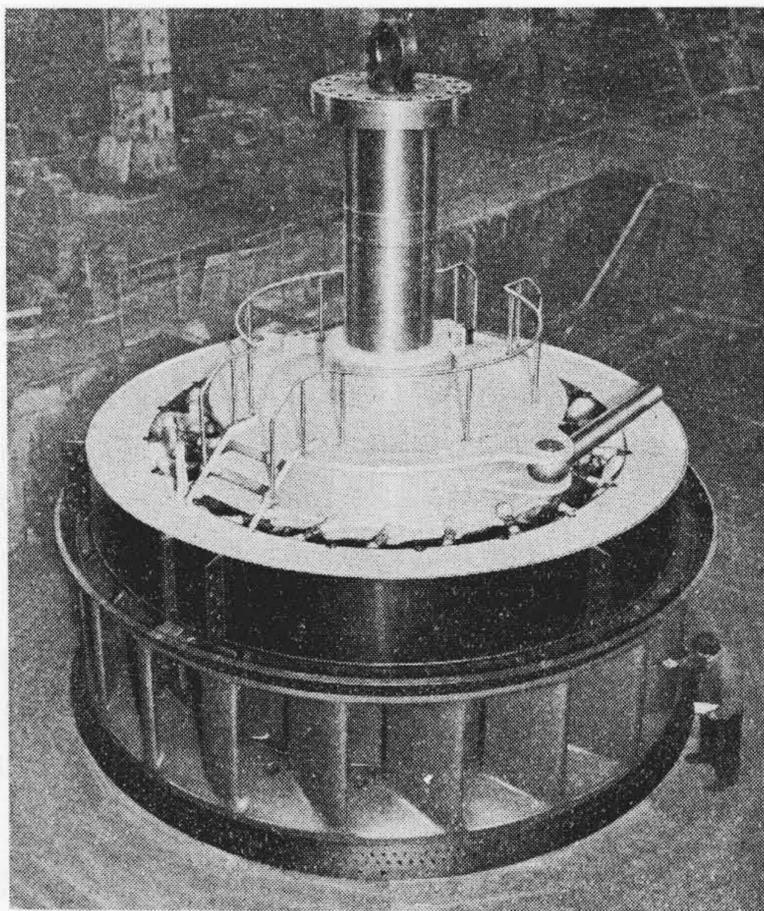
本水車の設計に当つては十分なる強度及び優秀なる材質を選定して長期の運転に耐え、而も保守点検若しくは組立分解を確実容易ならしめるよう細部の構造にも特別の考慮が払われている。第9図は水車の構造断面図、第10図は工場仮組立の状態を示す。

(a) ランナ

水車性能を支配するランナに就いては、設計製作に特別の考慮が数多くなされた。即ち前述の如く数箇の模型ランナを作つて効率並びに空洞現象性能試験を行ない、その結果最も優秀なものを採用した。又材料に就いては水質の検討を行うと共に、キャビテーション及び土砂に対する耐蝕、耐磨耗性に就いて材料成分、熱処理方法に十分検討がなされた。

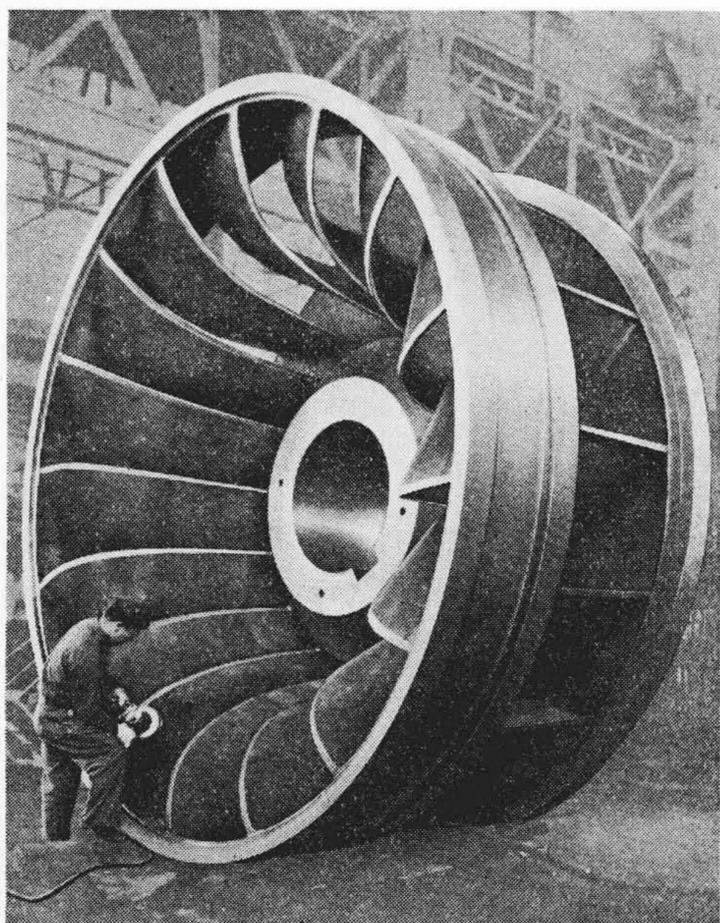
この結果本ランナはパーライト系不銹鑄鋼 (13% Cr) で自家原料工場に於て製作され、且つ羽根入口、出口裏面及びシユラウドリング内面の一部にオーステナイト系不銹鋼 (18% Cr 8% Ni) の肉盛溶接が施された。

製品は重量約 30 t に達し不銹鑄鋼としては本邦はもとより外国に於ても未だ例のない程度の大形態の記録的鑄造品であるため、鑄造、熱処理及び溶接作業の諸問題が十分に検討され、又 X線試験により鑄造上若しくは溶接上の有害な欠陥なきことが確認された。羽根面の仕上



第10図 70,000 kW フランシス水車工場仮組立  
Fig. 10. Shop Assembly of 70,000 kW Francis Turbine

げに関しても最良の平滑さを与えるよう十分グラインダ仕上げしたものであり、特殊ゲージによりベーンプロファイル及び出口入口角度を測定し、設計と製品のプロフ



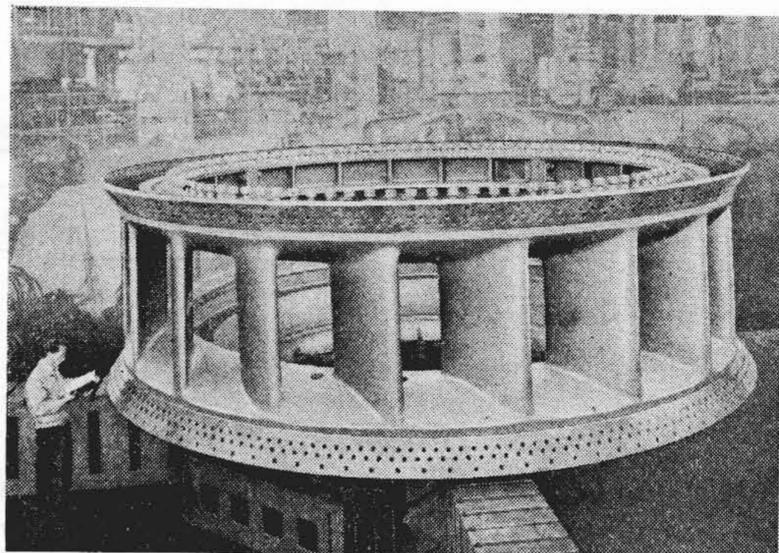
第11図 仕上げ作業中の70,000 kW ランナ  
Fig. 11. 70,000 kW Francis Runner under Finishing

ル同一度の確認を行つた。第11図は仕上げ作業中のランナを示す。

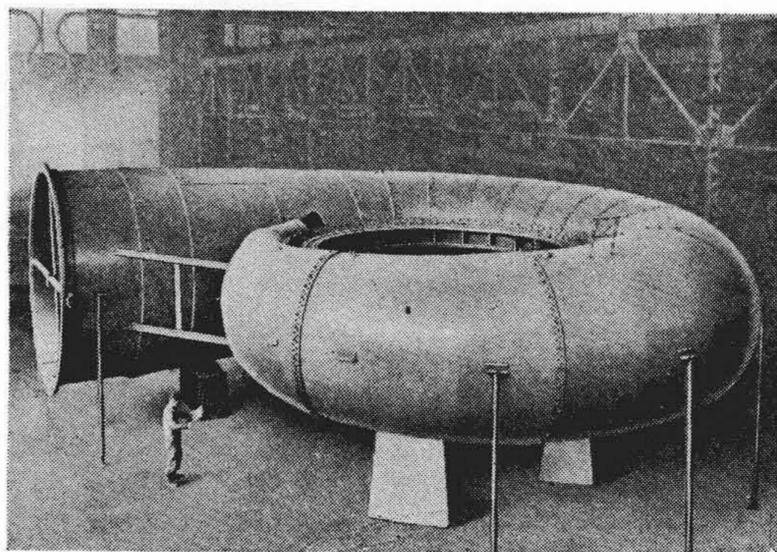
(b) スピードリング及びケーシング

スピードリングは鋳鋼製四つ割り構造で、強大な水圧或はパーレルより伝達される下向荷重を支持するに十分な強度と剛性を持つている。ステーパーンは、十分な強度を持ち且つ流水損失のないような形状とし特に後述する自動閉鎖ガイドベーン方式の採用に依つて、ガイドベーンとの関係位置を検討した。ステーパーンの最も適した位置の2枚と、胴壁の周囲に合計10箇所の流量測定用小孔を設け、銅管にて外部に導き水銀マンオメータに接続されこれより電氣的に水量記録指示計及び積算計に導かれる。尚スピードリングの下部通路に面する胴壁には対称2箇所にハンドホールを設けてあり、水車停止の際水車内部にはいることなくランナ外周間隙を測定することが出来る構造とした(特許申請中)。第12図はスピードリングの完成品を示す。

ケーシングは渦巻型鋼板製で、胴板は材料試験を実施した規格材であり、その接合せは熔接及び鋲接が併用されている。熔接は輸送出来る範囲に工場で作業し、慎重に熱処理を行うと共にX線検査により熔接部に欠陥なきことが確認された。現地に於けるスピードリングとの接続は全て鋲接に依るもので、この作業は水圧当板を使用し現地作業の完璧を期し、鋲接部は気密試験を行いその確実さを確認した。ケーシングにも流量測定用の孔が24



第12図 スピードリング完成品  
Fig. 12. Speed Ring



第13図 ケーシングの工場内仮組立状況  
Fig. 13. Shop Assembly of Spiral Casing

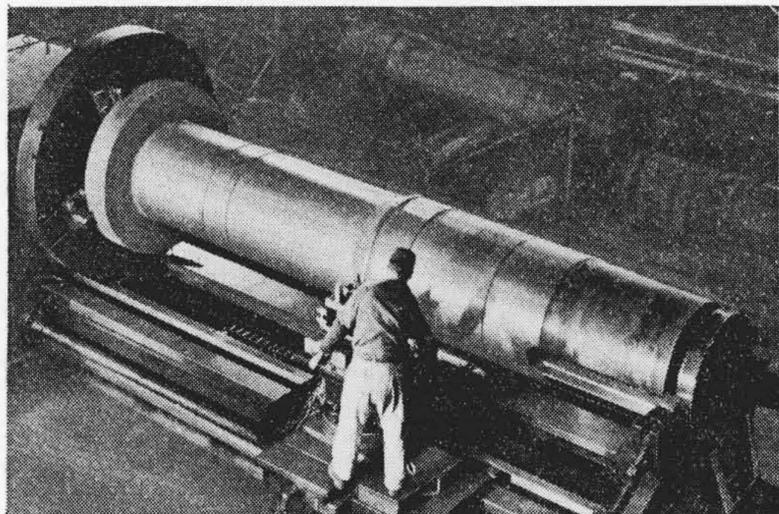
箇所設けられており前述の計器に接続される。第13図は工場内仮組立の状況を示す。

(c) 主軸及び主軸受

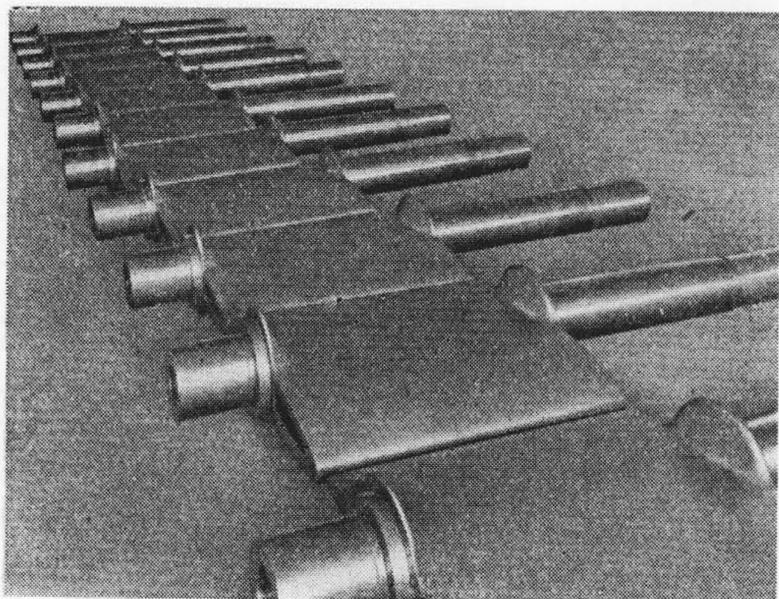
主軸は鍛鋼製(SF-55)で、中央部軸心には材質点検用の貫通孔をあけてある。ランナとの接続は嵌め合せとしトルクは軸方向に設けられたキーにより伝えられる。発電機との接続はフランジカップリングとしリーマールボルトに依り締め付けられる。又主軸の一部に摺動環を焼嵌めしこの外周を主軸受けが支持する構造となつている。第14図に主軸の機械作業状況を示す。

主軸受けは日立セグメントメタル方式が採用されている。この方式によれば潤滑油装置、油冷却器、油槽、配管及び潤滑油等の資材を節減することが出来、且つ水車及び発電機の芯出しが容易で据付工程を短縮することが出来る。

メタル油槽内の油面低下、水分混入時には、それぞれ警報が発せられるよう油面継電器、水分混入継電器(特許出願中)が取り付けられている。尚油の補給用として1 HP モーターポンプ付補助油槽が設置されており、バルブの切換えにより給油或は排油出来るようになつている。



第14図 主軸の機械作業状況  
Fig. 14. Main Shaft under Machining



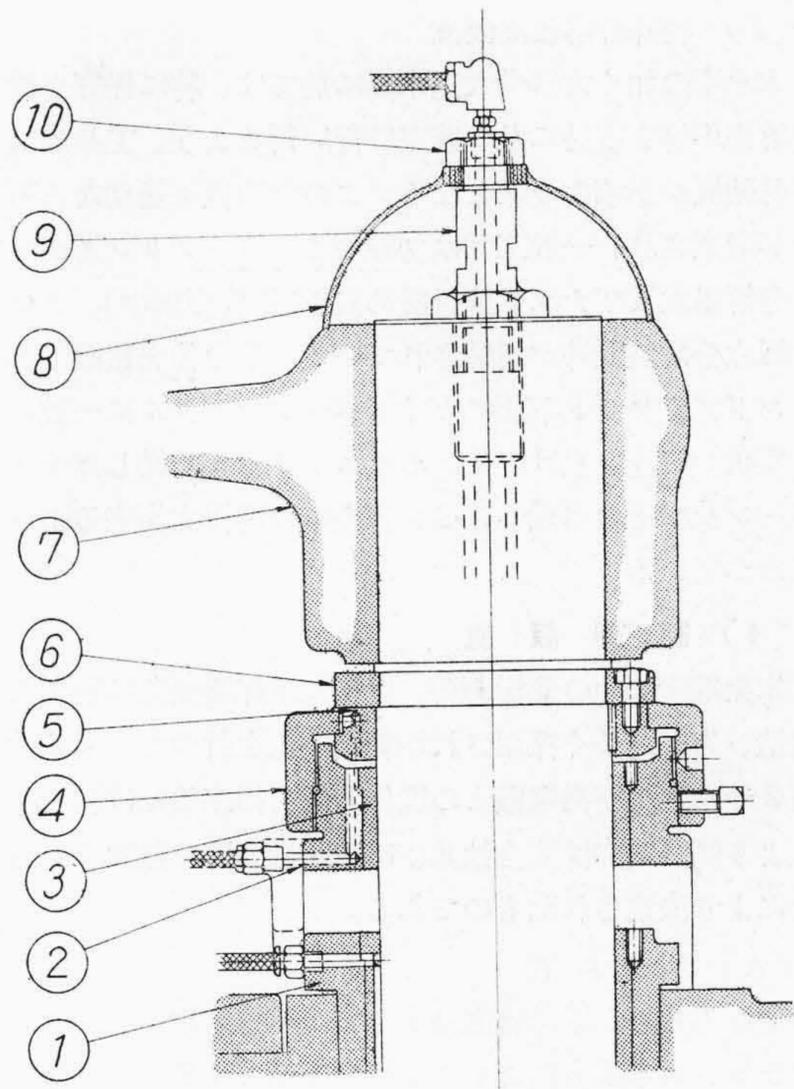
第15図 ガイドベーン完成品  
Fig. 15. Guide Vanes

(d) ガイドベーン並びにその開閉機構

ガイドベーンはパーライト系不銹鋼製一体であり軸中央部にはグリス給油の孔があげられている。運転中万一の事故により操作油圧が異常低下した場合、水圧に依り自動的に安全に閉鎖する所謂自動閉鎖式ガイドベーンが採用された。この方式の採用に当つては前述の如く種々模型試験を行い慎重に検討された結果製作されたものである。第15図にその完成品を並べた状態を示す。

ガイドベーン上下の間隙よりの漏水に関しては本水車が入口弁を設備しない方針で頭初より計画されたためその間隙は極力小さい値を取る必要があり、水車カバー上に上下間隙調整装置を設け自由に調整出来るようになっている。このため工作上可能な範囲迄上下の間隙を小さくすることが出来、従来その例を見ない程これを減少せしめることが出来た。第16図は本調整装置の概略断面図を示す。

尚開閉機構は2つのサーボモータよりガイドリングを通じリンク、レバーに依りガイドベーンの開閉操作が行われその開閉は強大な水圧力に抗し行うため、各部の材



- |               |              |
|---------------|--------------|
| ①ガイドベーン gland | ⑥セグメントリング    |
| ②ガイドベーン調整台    | ⑦ガイドベーンレバー   |
| ③185φ プッシュ    | ⑧キャップ        |
| ④調整ナット        | ⑨グリスカップ用スタンド |
| ⑤セグメントリング支え   | ⑩特殊ナット       |

第16図 ガイドベーンのサイドキャップ調整装置  
Fig. 16. Regulating Mechanism of Gap between Liner and Guide Vanes

料は鋳鋼或は鍛鋼製で、強度的に十分検討した信頼度の高い構造となつている。リンクはターンバックル式で箇々の調整を容易ならしめ、レバー側ピンには弱点部を設けて機構に無理が生じないように考慮されている。

(e) 水車カバー

水車カバーは鋳鋼製で外側カバー、内側カバーに分割され各々2つ割れ構造となつている。外側カバーはスピードリング上部フランジに締付けられ、内側カバーはこれを取外すことに依りガイドベーン関係部品を分解することなく、容易にランナの取出しが出来る設計となつている。尚ランナ外周の間隙測定用の孔が対称8箇所に設けてあり、水車停止の際水車の内部に入ることなく簡単にランナ外周間隙を測定出来る構造となつている(特許出願中)。

上部水車カバーを主軸が貫通する部の漏水防止は、保守点検が容易で、且つ殆ど調整する必要のないシーリングボックス構造が採用された。尚この部主軸ライナは不銹鋼を使用し、シーリングボックス内面は高級砲金製ブッシュを内張りして磨耗に対し十分考慮されている。

## (f) 特殊分解組立装置

本水車の如く大容量大型水車に於ては、特に保守点検分解修理等を容易に且つ確実にに行い得るよう、工具或は特殊装置が必須の要素となる。このため種々適切なる方法が考慮され、一般工具は勿論のことカップリングボルト分解組立及びナット締付緩め装置(特許出願中)、ランナ組立分解装置等が設備されている。その他発電機下部エンドブラケット下面にガイドベーンサークルに一致した環状レールを設け、2t ホイスト 2 台を設備しガイドベーン及びその附近の部品を容易に分解組立出来るようになってきている。

## (4) 制 御 装 置

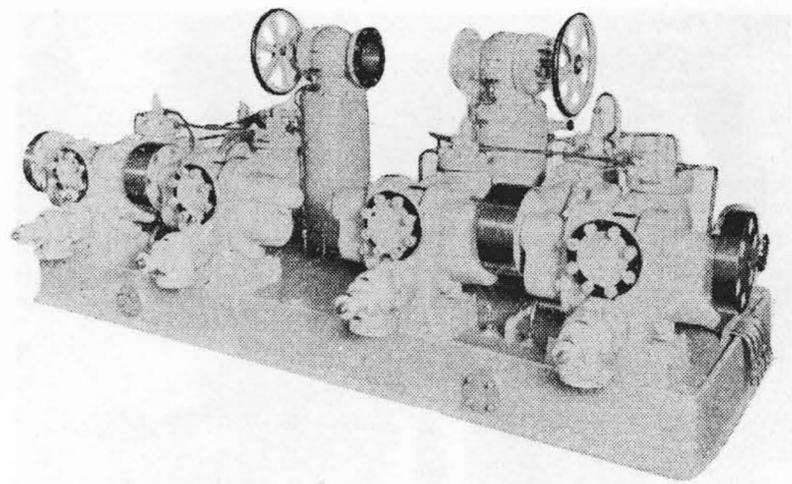
本発電所はその運転制御、保安及び保護装置に斬新な構造、方式が多く採用され単純確実化を計つた。尙他社製 2 号水車及び発電機との操作方式を出来るだけ統一するよう関西電力株式会社並びに各製造所間で数次の打合せにより決定されたものである。

## (A) 圧油装置

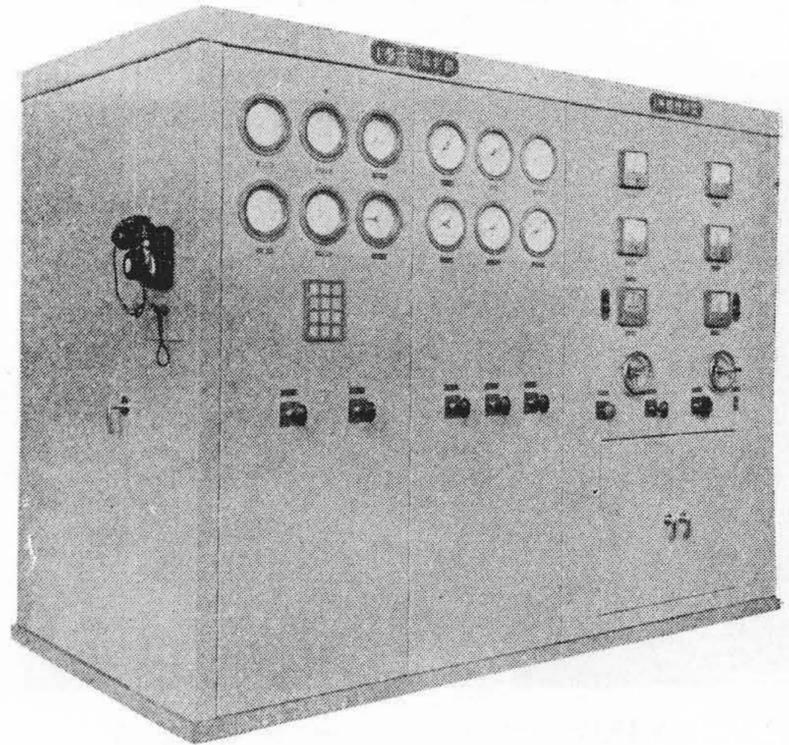
単位方式とし電動機直結ポンプ 1 組を常用とし、横軸フランシス水車直結ポンプ 1 組を予備とする。常用油圧は  $16.5 \sim 18 \text{ kg/cm}^2$  であり、常用圧油ポンプ故障の場合及び圧油槽油圧が  $14.5 \text{ kg/cm}^2$  に低下すれば予備機が自動的に起動し、常用ポンプ故障復帰後又は圧油槽油圧復帰後は自動的に予備機は停止する。又必要に応じて小水車側を常用とし電動機側を予備機に切換運転することも出来る。圧油ポンプは回転式歯車型 2 台を 1 組とし、送油量は  $1,000 \text{ l/min}$  である。この送油量は調速機サーボモータの 1 行程の油量を 15 sec で補給し得るものである。圧油槽は規定油圧、規定油面に於て圧油ポンプからの補給を受けずに調速機サーボモータを 3 行程行つても停止油圧以上であり、尙停止油圧に於てサーボモータ 1 行程を行つてもなお機器の許容最低動作油圧以上である。圧油槽には後述の油圧保護装置及び油面保護装置が設けてある。

集油槽は据付後油の清浄を容易に行い得る構造とし、且つ水車室床面上 1 m まで浸水しても油は流失しないよう考慮されている。万一油中に水が混入した場合は水分混入継電器により配電盤へ警報する(特許出願中)、又集油槽の油面が事故により異常に上昇或は降下した場合も同様に警報する。第 17 図に圧油ポンプ装置を示す。

グリース給油装置はファール式一元集中方式を採用し常用機は電動、予備は手動ポンプが設備されている。常用ポンプは押釦開閉器により任意起動され、各案内羽根並びに操作機構に順次グリースを注油し、完了すれば自動的にポンプは停止する。常用ポンプ故障の場合は警報を発する。



第 17 図 圧油装置組立外観図  
Fig. 17. Oil Pump Equipment



第 18 図 キャビネット型調速機及び操作盤外観図  
Fig. 18. Cabinet Type Speed Governor and Instrument Panel

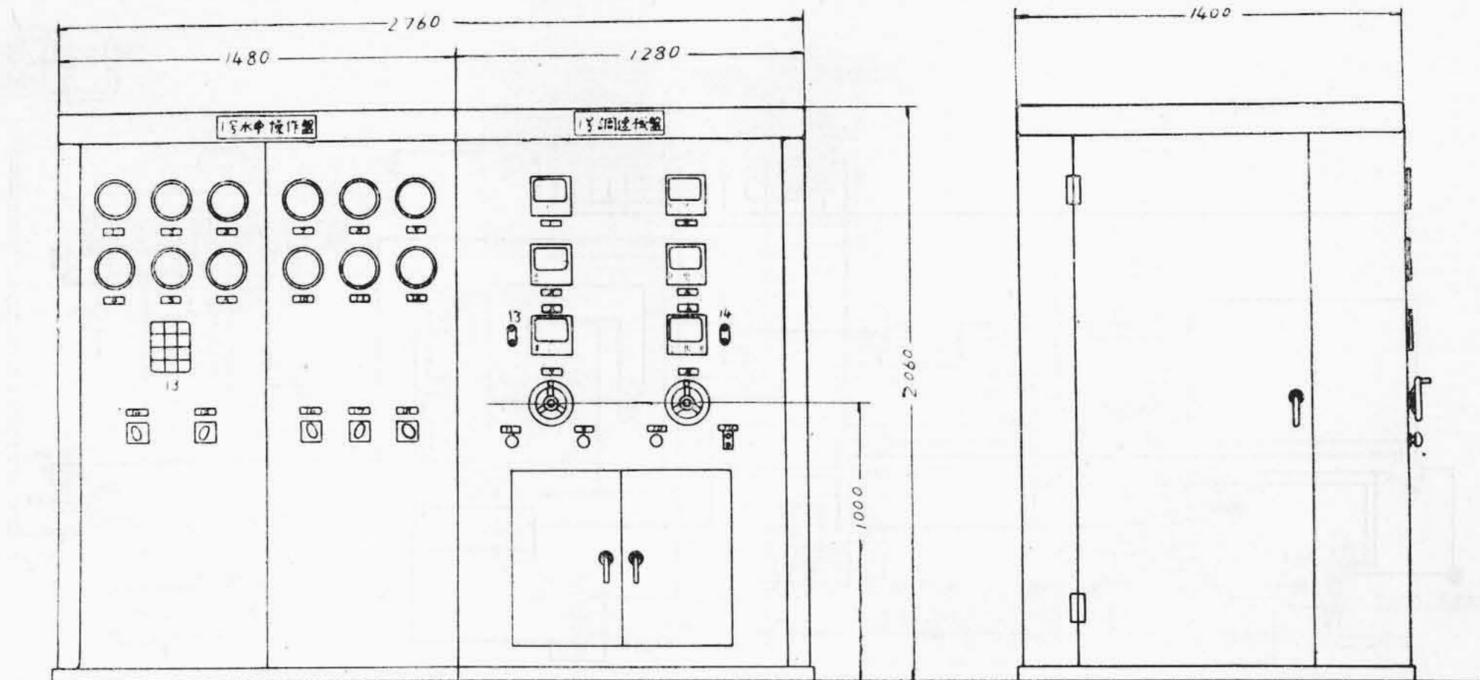
## (B) 調速機

調速機は日立キャビネット型 95 号電動駆動式で、アクチュエータ部分とサーボモータ部分とに別れ、アクチュエータ部分は水車操作盤と合せて設置するようにし、その外観は第 18 図の如くキャビネット型調速機として表面には必要な指示計及び操作ハンドルのみを取付け、他の機構は優美なるキャビネットの中に収め、内部は蛍光灯によつて照明され保守運転が頗る容易である。即ち指示計を見ながらハンドルにより調整出来、点検のためには側面扉を開き内部へ容易に入り得る構造となつている。従つて従来の何れの型式よりも取扱が容易で各部点検は正確に而も迅速に行えるため長期にわたつてその優秀な性能を維持することが可能である。

第 19 図に調速機及び水車操作盤の外観図と各計器、操作ハンドルの名称を示す。

内部の構造はスピードボックス、コントロールボード、配圧弁及びベースの部分から成立つている。

スピードボックスには調速機の心臓部であるスピーダ



水車操作盤

调速機盤

- |               |               |                |                 |
|---------------|---------------|----------------|-----------------|
| 1. 発電機案内軸受温度計 | 10. ランナ外側背圧計  | 1. 回 転 計       | 8. 速度調整ハンドル     |
| 2. 推力軸受温度計    | 11. ランナ内側背圧計  | 2. 電 力 計       | 9. ブレーキハンドル     |
| 3. 水車軸受温度計    | 12. ランナ外周圧力計  | 3. ブレーキ空気圧     | 10. 速度調定率ハンドル   |
| 4. 入口空気温度計    | 13. 順序表示器     | 4. 速度調定率       | 11. 非常停止ハンドル    |
| 5. 出口空気温度計    | 14. 冷却水弁開ハンドル | 5. 負荷制限、案内羽根開度 | 12. 電 灯         |
| 6. 冷却水入口温度計   | 15. 冷却水弁閉ハンドル | 6. 速度調整        | 13. 負荷制限上、下限表示器 |
| 7. 鉄管水圧計      | 16. 水車運転ハンドル  | 7. 負荷制限ハンドル    | 14. 速度調整上、下限表示器 |
| 8. ケーシング水圧計   | 17. 水車停止ハンドル  |                |                 |
| 9. 圧油槽油圧計     | 18. 水圧計表示ハンドル |                |                 |

第19図 キャビネット型调速機及び水車操作盤外観図

Fig. 19. Outside View of Cabinet Type Governor and Turbine Control Instrument Panel

と一次配圧弁及び回転計の駆動軸関係、ダッシュポット等が収められている。ダッシュポットの復帰時間は運転中でも容易に調整出来るようにしてある。

コントロールボードには速度調整装置、負荷制限装置、速度調定率調整装置及び案内羽根開度、負荷制限位置の指示送信器と諸計器指示装置等をほぼ平面的に取付けてあり、この表面には有機ガラスの扉でカバーして保守点検も容易にし、且つ一見して内部の機構の動きがわかるようにしてある。

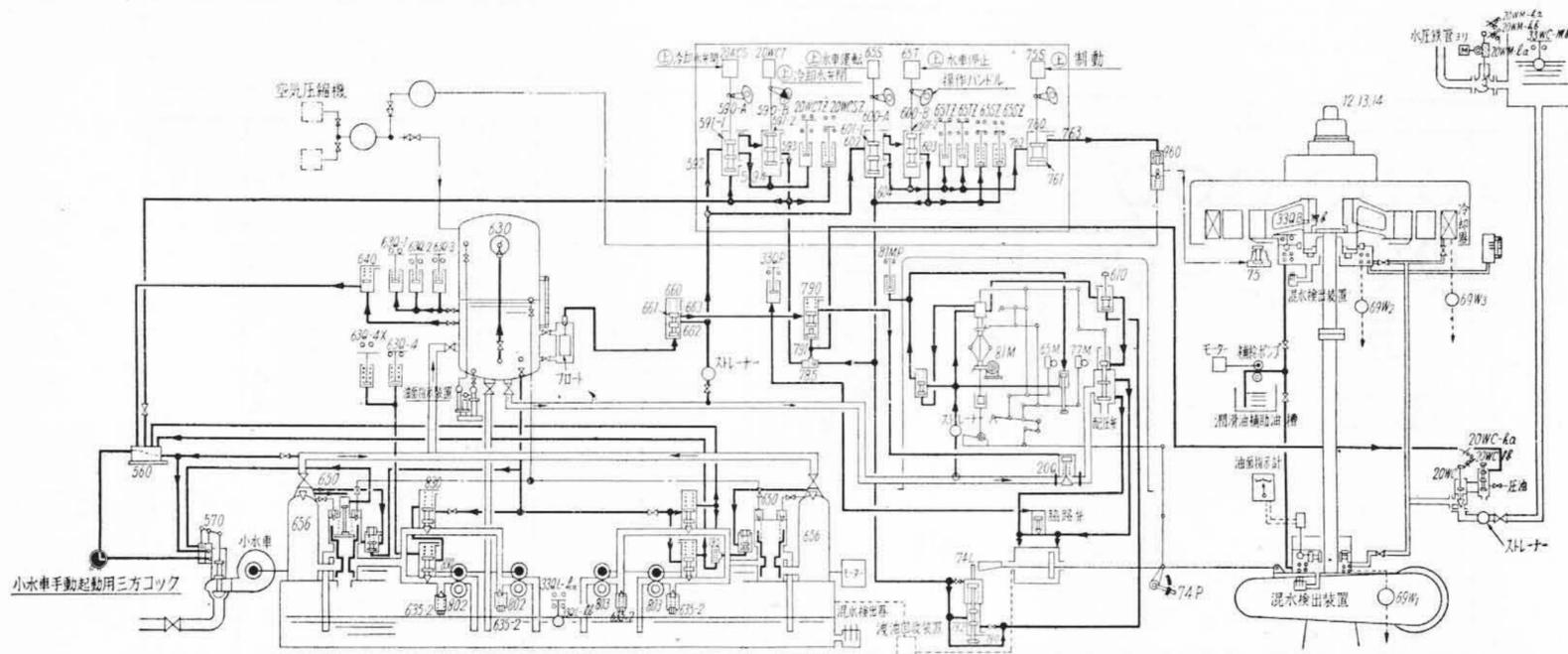
速度、負荷制限装置は配電盤から直流電動機を運転して操作するか、或は正面の手動ハンドルによつても操作出来る。これ等の制限開閉器の上限、下限の位置は自由に調整出来、上限、下限に達したときその表示として正面にランプが点灯されるようになっている。尚、水車起動の際には速度調整装置が自動的に規定回転付近に戻るようになり、これによつて並列に入るまでの時間が短縮されるようにした。速度調定率調整装置は正面ハンドルを操作することにより簡単に調整出来、且つその値が計器に指示されるようになっている。二次配圧弁はベースの上に取り付けられ、一次配圧弁との間は圧油管とロッドよりなる連動装置によつて連結されている。调速機の開閉時間は二次配圧弁からの排油孔数を加減して調整する。

(C) 運転制御装置

水車発電機の制御方式は二段操作制御開閉器による1人制御方式(可逆式順序制御方式)である。この制御開閉器は「停止」「起動」「励磁」並列「負荷」の5段階を有し回転引きの二段操作で一段毎或は一挙に連続的にも任意に制御出来る特長を有し、主機の動作は各段階終了毎に計器盤上の照明式集合動作表示器に表示確認される。

水車室には第19図に示す如く水車操作盤をキャビネット型调速機盤と並置し、本盤中に電磁操作弁を取付け配電盤より遠隔制御する。尚この電磁弁は圧油保持式となつており、制御電源を喪失してもそのまゝの状態を保持している。本盤表面には各温度計、圧力計及び照明式集合動作表示器が取付けられており、キャビネット型调速機盤上の電力計、ガイドベーン位置指示計、回転計等と相俟つて水車、発電機の監視、点検に便利であるばかりでなく主機の状態を水車室に於ても確認出来る。尚、水車操作盤内に各保護継電器、切換弁を内蔵し、螢光照明により内部点検を容易ならしめてある。

自動運転順序の概要を述べると第20図(次頁参照)、水車運転に先立つて圧油ポンプ、グリースポンプ、冷却水用各操作開閉器を閉じ、所定の圧力、給油、給水を行い準備完了すれば制御開閉器を「起動」に廻す



自 動 器 具 番 号 表

|            |                                |       |  |
|------------|--------------------------------|-------|--|
| 12.13.14   | 遠 心 力 開 閉 器                    | 81M   | 調速機スปีーダー駆動用電動機  |
| 20 W C S   | 電 磁 石 (冷却水弁開用)                 | 81MP  | 油 圧 開 閉 器 (調速機スปีー<br>ダー保護用)                                     |
| 20 W C T   | 電 磁 石 (冷却水弁閉用)                 | 20WC  | 冷 却 水 弁  |
| 65 S       | 電 磁 石 (水車運転用)                  | 20Q   | 自 動 ス ト ッ プ バ ル ブ  |
| 65 T       | 電 磁 石 (水車停止用)                  | 74L   | 鎖 錠 装 置  |
| 75 S       | 電 磁 石 (制 動 用)                  | 75    | 制 動 機  |
| 20 W C S Z | 油 圧 開 閉 器 ( 20 W C S 用)        | 590-A | 電 磁 弁 (冷却水弁開用)   |
| 20 W C T Z | 油 圧 開 閉 器 ( 20 W C T 用)        | 590-B | 電 磁 弁 (冷却水弁閉用)   |
| 65 S Z     | 油 圧 開 閉 器 ( 65 S 用)            | 600-A | 電 磁 弁 (水車運転用)  |
| 65 T Z     | 油 圧 開 閉 器 ( 65 T 用)            | 600-B | 電 磁 弁 (水車停止用)  |
| 20 W C-1b  | 制 限 開 閉 器 (冷却水弁閉用)             | 760   | 電 磁 弁 (制 動 用)  |
| 20 W C-ha  | 制 限 開 閉 器 (冷却水弁開用)             | 560   | 小 水 車 運 転 弁  |
| 33 Q B-mb  | 浮 動 開 閉 器 (警 報 用)              | 570   | 小 水 車 入 口 弁 兼 制 速 機  |
| 33 W C-mb  | 浮 動 開 閉 器 (警 報 用)              | 610   | 調 速 機 エ マ ゼ ン シ ー バ ル ブ  |
| 33 Q L-ha  | 浮 動 開 閉 器 (警 報 用)              | 630   | 圧 油 槽  |
| 33 Q L-lb  | 浮 動 開 閉 器 (警 報 用)              | 635-2 | 安 全 弁 (圧油ポンプ用)   |
| 63 Q-1     | 油 圧 開 閉 器 (停 止 用)              | 640   | 油 圧 補 償 弁  |
| 33 Q P     | 油 圧 継 電 器 (起 動 用)              | 650   | ア ン ロ ー ダ M側 18.0kg/cm <sup>2</sup><br>T側 18.2kg/cm <sup>2</sup> |
| 63 Q-2     | 油 圧 継 電 器 (警 報 用)              | 656   | 空 気 補 給 槽  |
| 63 Q-3     | 油 圧 継 電 器 (停 止 用)              | 660   | 油 圧 切 換 弁  |
| 63 Q-4     | 油 圧 継 電 器 (補 助 ポ ン プ<br>起 動 用) | 780   | 油 圧 切 換 弁  |
| 63 Q-4X    | 油 圧 開 閉 器 (小 水 車<br>運 転 表 示)   | 802   | 圧 油 ポ ン プ (補 助)  |
| 65 M       | 速 度 調 整 電 動 器                  | 803   | 圧 油 ポ ン プ (主)  |
| 69 W       | 水 流 継 電 器                      | 830   | 油 圧 切 換 弁  |
| 74 P       | 案 内 羽 根 位 置 開 閉 器              | 960   | 制 動 弁  |
| 77 M       | 荷 負 制 限 電 動 機                  |       |  |

第 20 図 自 動 操 作 説 明 図

Fig. 20. Diagram of Automatic Control System

65S 電磁石の附勢により電磁弁を介して案内羽根を無負荷の位置まで開き起動せしめ、水車が定格回転数の 80% に達すれば #13 遠心力開閉器が閉路する。

次に「励磁」に廻すと

副励磁機の電圧が 70% に達すれば界磁開閉器が閉路する。

「並列」に廻すと

低圧同期の場合は電子管式自動同期装置により断路器を自動同期投入をなす。

高圧同期の場合は揃速及び同期投入は手動で行う。

「負荷」に廻すと

77M 負荷制限電動機により負荷制限を行い、その範囲内に於て 65M 速度調整電動機により任意の負荷に調整する。

以上の順序により水車運転を行い、停止の際は上記操作を逆に行うことにより、無負荷、無励磁運転若しくは停止に戻すことが出来る。

尚 65T 電磁石により電磁弁を介して调速機配圧弁が閉方各に動作して、案内羽根を全閉せしめ水車の回転数が定格の 40~50% となれば 75S 電磁石が附勢され 960 切換弁により 75 制動機を動作せしめる。

保護装置には故障の種類軽重に応じて、適宜な処置が講ぜられるようになってい

下記に機械的故障の場合の保護方式を述べる。

急 停 止

1. 水車過速度..... #12
2. 軸受温度上昇第二段..... #38
3. 圧油槽油圧降下第三段..... #63Q-3
4. 圧油槽油面低下第二段..... #33QP
5. スピーダー駆動装置故障..... #81MP

警 報

1. 圧油槽油面異状上昇、降下..... #33Q
2. 水車軸受油面降下..... #33QB-1mb
3. 発電機推力軸受油面降下..... #33QB-2mb
4. 集油槽油面異状上昇、降下..... #33QLha  
#33QLib
5. 冷却水槽水位低下..... #33WCmb
6. 軸受温度上昇第一段..... #38D
7. 発電機空気冷却器出口入口空気温度上昇.....  
#49AD
8. ブレーキ用空気圧力低下..... #63ABL
9. 圧油槽油圧降下第一段..... #63Q-2
10. 水分混入継電器動作..... #68Q
11. グリース給油装置の故障..... #69Q
12. 各軸受及び空気冷却器用冷却水不足及び断水  
#69W

これらの発生故障は計器盤上の故障表示器に表示、警報され特に警報は二重ターゲット型とし、一つは手動復帰、一つは故障復帰後の手動又は自動復帰となつている。

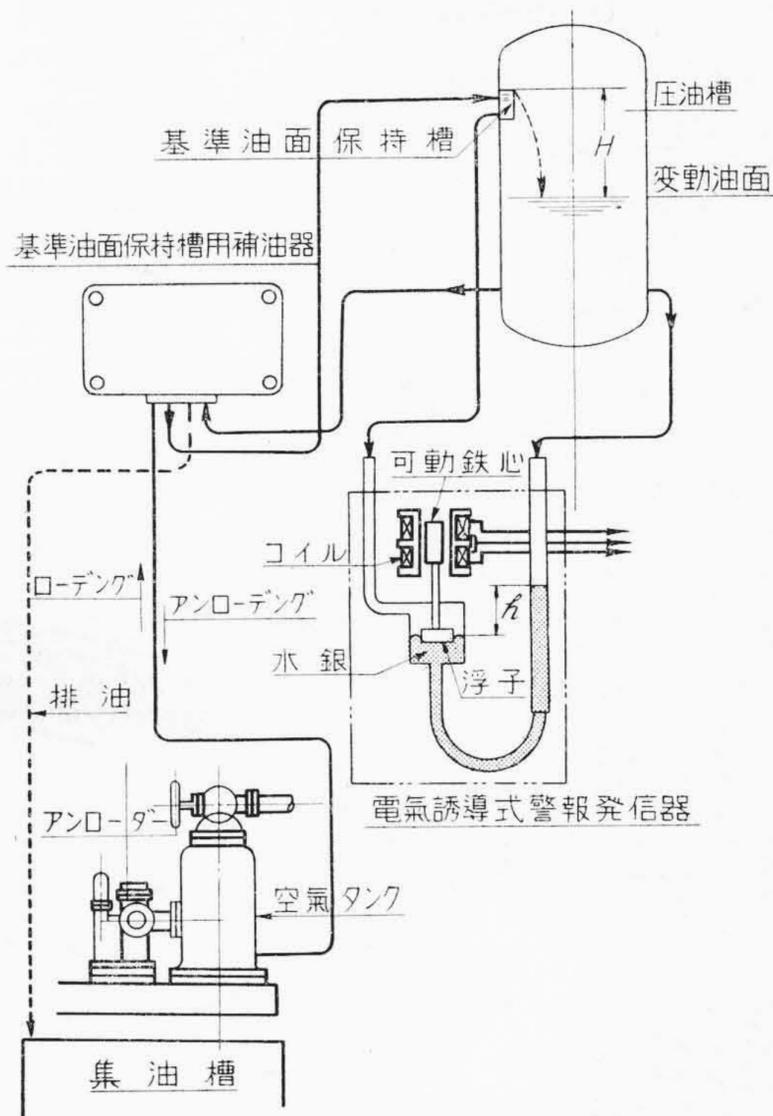
以上で水車、発電機の制御の概要を述べたが、従来余り考えられなかつた圧油槽油面保護装置に就いて述べる。

(a) 圧油槽油面変化警報装置

第21図に示す如く圧油槽の上部に設けられた基準油面と圧油槽の変動油面を水銀U字管に導き変動油面との差  $H$  を水銀面の差  $h$  に相当せしめ、これにより可動鉄心を上下し、電気的变化として外部に導き油面の指示及び異状上昇、降下に際し警報を発する。この上、下限の設定は任意に調整することが出来、基準油面を常に一定に維持するよう特別な考慮が払われている(特許出願中)。

(b) 圧油槽油面異状低下時案内羽根自動閉鎖装置

第22図(次頁参照)は本装置の説明図である。圧油槽油面が万一の事故により異状に低下した場合、案内羽根を水圧により自動閉鎖せしめる方式が採用された。油面が異状低下するとフロートにより 660 切換弁を動作せしめ、33QP 油圧開閉器により急停止継電器を動作せしめると共に、20Q 自動阻止弁を閉鎖し、サーボモータ内へ



第21図 圧油槽油面変化警報装置説明図

Fig. 21. Diagram of Alarm System for Oil Level Change in Oil Pressure Tank

