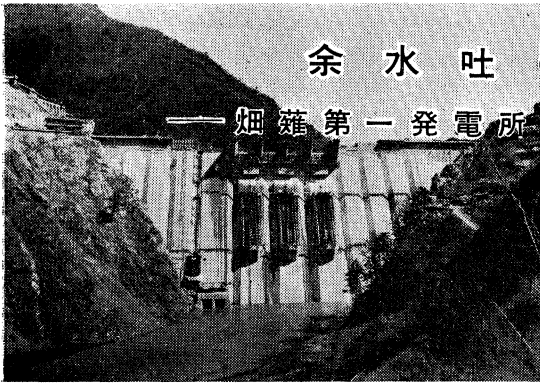


# 余水吐の下の発電所

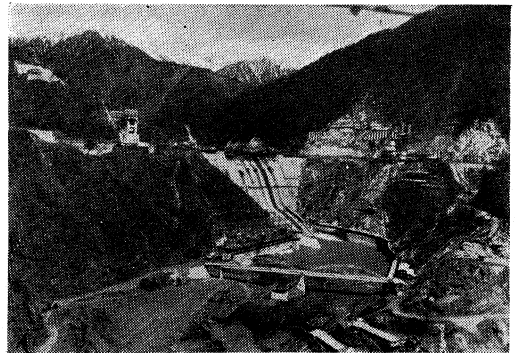
## —— 畑 籾 第 一 発 電 所 の 概 要 と 設 計 上 の 特 異 点 ——



(完成間近いダム上流面)

和久英雄\*  
堀口普作\*\*

下流よりみたダム工事の全景



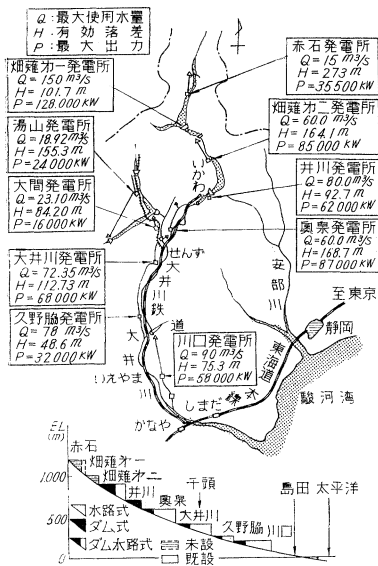
### 1. はしがき

大井川は、本州中央部赤石山脈に源を発して、太平洋にそそぐ、延長 170 km の河川で、このうちすでに、井川、奥泉、大井川など 8 か所約 35 万 kW の電源が開発され、引続き上流の開発が進められている。

畑籾貯水池は、昭和 32 年に完成した井川貯水池とともに、大井川水系電源開発の一環をなすもので、将来ますます増加する電力需用を充足し、かつ、この二大貯水池を有効に運用することによって、大井川の流況を改善し下流各発電所の設備利用率を高めることを目的としている。

畑籾開発計画は、既設の井川ダム上流約 25 km の沼平地点に有効貯水容量 8 000 万 m<sup>3</sup> の畑籾第一ダムを建設し、ダムに付設した発電所により最大 128 000 kW の

図一 大井川水系開発一覽図



発電を行なうとともに、下流に昨年秋建設された畑籾第二調整池の有効貯水容量 3 600 000 m<sup>3</sup> を利用して、揚水発電も行なう。すなわち、大容量高能率の新鋭火力の建設にともない、これら火力発電所の運転効率を向上させるために、軽負

荷時に発生する余剰電力、および供給余力を利用して、可逆ポンプ水車による揚水運転を行ない、畑籾第二調整池の水を第一貯水池まで揚水して貯え、尖頭負荷時にこの水を放流して発電するものである。

畑籾第一発電所建設工事は、昭和 33 年 12 月に工事用道路に着手して以来、工事は順調に進み、昭和 37 年 5 月に湛水を開始して、昭和 37 年 12 月に竣工の予定である。

本文は、まず、畑籾第一発電所の設備概要をあげ、つぎに設計上の特異点を中心にダム、および発電所について述べた。

### 2. 設備概要

- |                     |   |
|---------------------|---|
| (1) 流域面積            | 318 km <sup>2</sup>   |
| (2) 有効落差            | 最大 101.7 m 常時 81.08 m<br>常尖 54.3 m  |
| (3) 使用数量            | 最大 150.0 m <sup>3</sup> /sec 常時 16.2 m <sup>3</sup> /sec<br>常尖 73.4 m <sup>3</sup> /sec |
| (4) 発電力             | 最大 128 000 kW 常時 6 600 kW<br>常尖 24 000 kW   |
| (5) 上部貯水池<br>(第一ダム) | 有効貯水量 80 000 000 m <sup>3</sup><br>利用水深 44 m  |
| (6) 下部貯水池           | 有効貯水量 3 600 000 m <sup>3</sup><br>利用水深 8 m  |
| (7) 洪水量             | 計画 1 700 m <sup>3</sup> /sec 異常 2 400 m <sup>3</sup> /sec                               |

\* 正員 中部電力KK畑籾水力建設所長

\*\* 正員 中部電力KK畑籾水力建設所設計課第一設計係長

- (8) ダム 堤高 125m 堤頂長 292m 巾 3.640m 開閉速度 0.3m/min  
 (中空重力式) 堤体積 587000m<sup>3</sup> 操作方法 油圧式
- (9) 水圧鉄管 条数 3条 (巾) (奥行)  
 長さ No.1 108884m, No.2 108966m  
 No.3 108996m  
 内径 4.10~3.20m
- (10) 放水管 長さ 108.699m 内径 3.242~2.300m
- (11) テンターゲート 17数 4門 高さ 7.5m  
 巾 13.6m 開閉速度 0.3m/min
- (12) 取水口ゲート 17数 3門 高さ 6.048m
- (13) エレベーター 揚程 91.4m 鉄塔 2.450m×1.940m  
 積載荷重 1000kg
- (14) ポンプ水車 (立軸単軸フランシス型可逆ポンプ水車)  
 出力 #1 51800/47000kW #2,#3 45000/43600kW  
 回転数 200/166r.p.m 最大揚程 103.4m  
 基準揚程 82.4m 最大揚水時揚程 57.0m  
 最大揚水量 #1 22m<sup>3</sup>/sec #2,#3 18m<sup>3</sup>/sec

図-2 ダムおよび発電所付近平面図

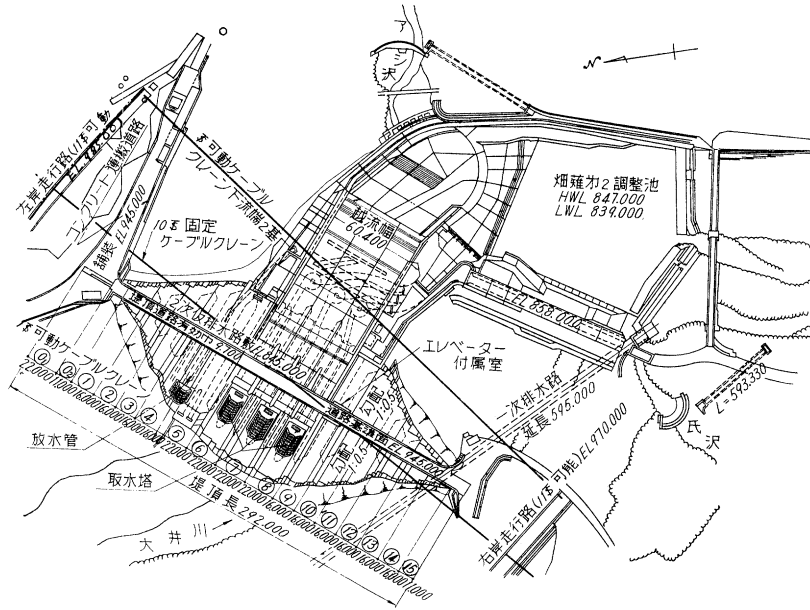


図-3 水圧鉄管路水叩縦断面図

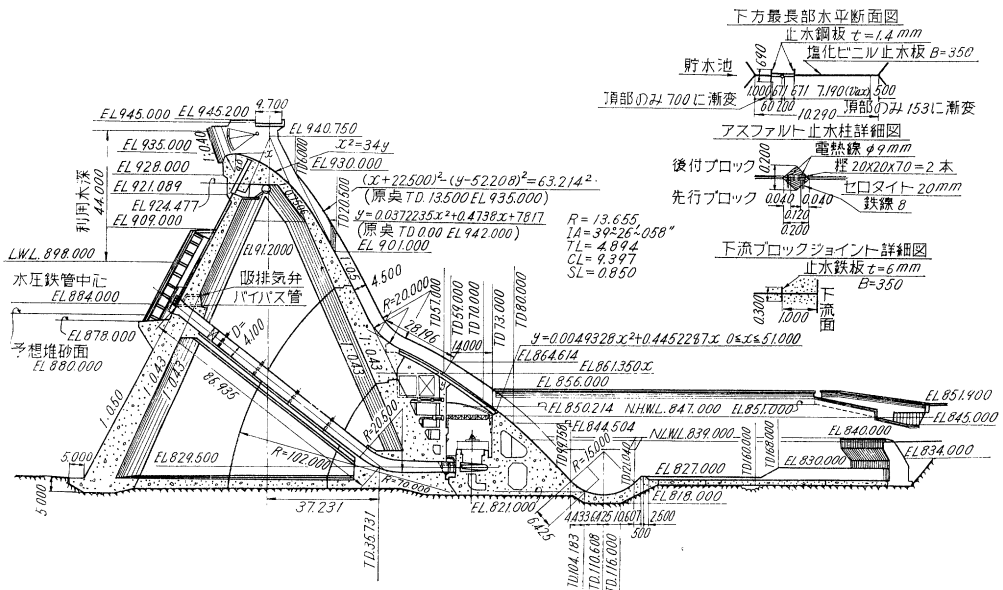


図-4 II型非越流部標準断面図

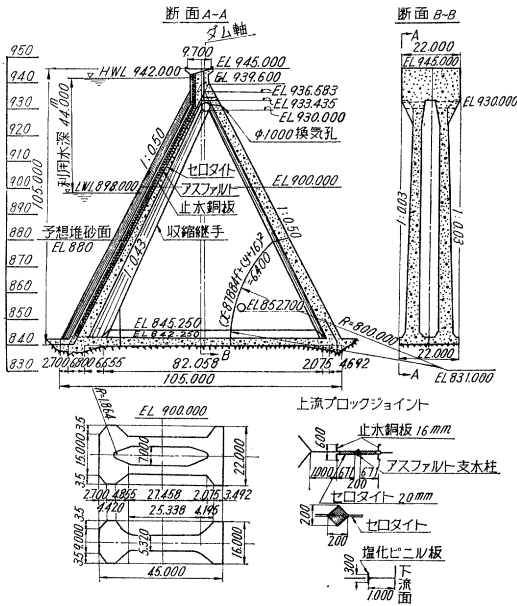
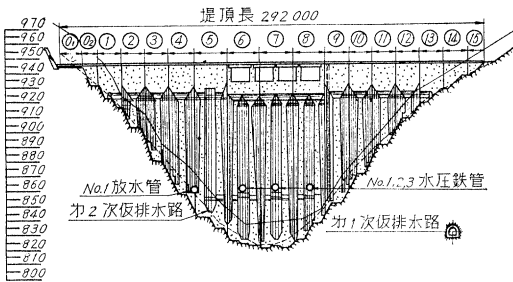


図-5 中心線縦断面図



基準揚水量 #1 43 m<sup>3</sup>/sec #2,#3 37 m<sup>3</sup>/sec  
 最大揚水量 50 m<sup>3</sup>/sec

(15) 発電電動機(立軸回転界磁閉鎖同循環型三相交流同期発電機)

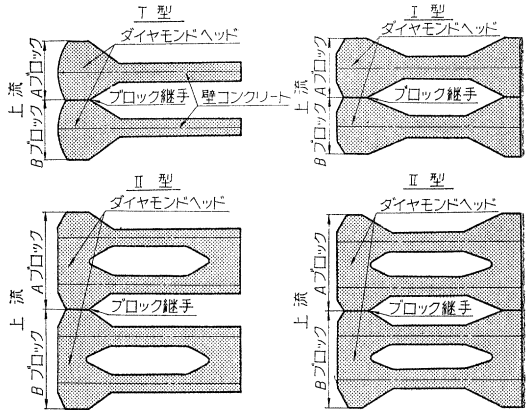
出力 #1 58 800/49 000 kVA  
 出力 #2,#3 50 000/45 000 kVA  
 周波数 60/50 c/s 電圧 11/10 kV

### 3. 畑薙第一ダム

中空重力式(ホロー)ダムは、1930年頃よりヨーロッパにおいて発達し、わが国においては、畑薙ダムの下流井川ダムにおいて、昭和32年に初めて完成した。中空重力式ダムは、その発展途上においていろいろな形式を生んだが、そのおもなものの水平断面形をあげると図-6のようである。これらは、地形、地質、ダムの高さ、気象条件などによって使われている。

畑薙第一ダム地点は、中部地方から紀伊半島をへて四国、九州へと走る中央裂線と、富士火山脈が噴出したフォッサマグナにはさまれた水成岩の比較的軟弱地帯に

図-6 中空重力式ダムのおもな水平断面形



あり、基礎は粘板岩で、ところどころに巾1~2mの硬砂岩の薄層をはさんでいる。粘板岩、硬砂岩とも、それ自身は堅硬であるが、地表面近傍では粘板岩は風化度が高く、かつ粘板岩、硬砂岩とも節理、きれつが発達している。このような比較的軟弱な地質であったために、同じような地質で成功した井川ダムの例にならって中空重力式ダムを建造することになった。

畑薙第一発電所の原動機はポンプ水車であるので、水車のすえつけ位置が深く(最低放水位より-9.5m必要であった)、基礎の掘削量が多い。特にダム下流の渓谷が急峻なので、基礎が深くなればなるほど、山腹の掘削量は増大する。このような地理的、機械的条件より検討した結果、発電所をダム下流に接続して配置すれば、基礎掘削量の半数はダムのための掘削量と重複させることができ、経済的であり、構造上、水理上からも難点がないと判断されたので、図-2,3に示すようなダムと発電所の配置となった。

3台の発電機を持つ発電所が長手方向にダムの下流面に密着したので、各水車に通ずる3本の水圧鉄管も、ほとんど平行してダムを横切ることとなり、取水口、水圧鉄管を設置するのに最も便利なホローダムのタイプを決定しなければならなかった。一般にホローダムの形式のうち、T型およびI型とU型およびII型との相違点は、つぎのようであるといわれている。

① U、II型の方が横方向に地震力などが加わった場合に安定度が高い。

② U、II型は中央の空間部に継ぎ手が設けてないので、この空間部を利用すれば、水圧鉄管、工事中排水路、放水管などのダム内工作物を設置する場合に、上流面に特殊な止水工をしなくともよいし、左右の壁コンクリートが一体であるので、工作物を壁コンクリートに平等に支持させることができる。

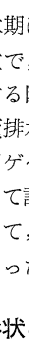
③ U、II型は壁コンクリートが2枚あるので、プロ



リートを境にして左右に水位差を生じた場合に、きれつ発生の危険が多い、④ 堤体内の仮排水路は当然ホロー部を通すことになることから、ホロー敷よりも高いところに二重三重に排水路を設けてゆくことが不可能であること、などによる。

畑薙第一ダムは河床部の基礎掘削を渇水期である冬期に行かない、出水期までには、ほぼ原河床高までのコンクリート打設を行なう計画を立て、最初の年の出水期にはダム コンクリートも下流の発電所 コンクリートも立ち上がりが高が低いから出水による被害が少ないようにした。したがって今回トンネルによる第1次仮排水路は11~5月間の既往最大洪水量よりもわずかに大きな300 m<sup>3</sup>/secをのみ口水位が上流締切ダムの天端高のときに排水できるような断面を採用した。堤体内に設けた2次仮排水路は、つぎの年の出水期において予定されたダムの打上がり高を越えない水位で、1次仮排水路とともに既往最大洪水を安全に流下する断面を最初に設けて、2年目の渇水期に入って1次仮排水路を閉そくする前にこの断面を縮小して、締切り用ゲートを取りつけることにした。以上の計画にもとづいて設計された工用仮排水路は十分にその機能を発揮して、洪水による冠水記録は1年目の6月に1回のみであった。

#### 4. 余水吐の形状と水理

畑薙第一ダムの計画洪水量は1700 m<sup>3</sup>/secであるが、最近の集中豪雨の出水状況を考えて、異常洪水量を2400 m<sup>3</sup>/secにとり、余水吐の設計は2400 m<sup>3</sup>/secを対象として行なった。巾13.6 m、高さ7.5 mのテンターゲート4門にて放流された余水は、巾60.4 mの越流路をへて水叩きに流入する。越流路は勾配1:0.5のダム下流面の途中から、に示すように13.655 mの半径の曲線をへて、 $y=0.0049328x^2+0.4452287x$ の放物線を描いて、半径15.00 mのバケットカーブに至っている。

発電所建家上を越流水が overflow する方法として、直接屋根の上を流す方法と、スキージャンプにより水流を空中に飛ばし発電所を越させて流す方法とが考えられた。後者は水叩きの下流にある河水がほぼ直角に右折する箇所が落下水に洗われる危険性があることと、流速のおそい小流量時にジャンプが完全に起こらずに流水が直接屋根上に落下することによって、前者を採用した。屋根上を直接流下させる方法として屋根の表面を放物線形にすることは、流水が屋根に不当な荷重をかけないこと（理論的には0にすることができる）と、流水によるキャピティションが表面に生じないことから最良の形状であると考えられた。放物線の方程式はつぎの3点を満足するものとして決定した。

① 発電所の屋根が第2調整池のH.W.L.上にあるこ

と。

② 発電所建家としての最小寸法をわってはいらないこと。

③ 放物線始端の流速は36 m/secとすること。これは水理実験より求めた流速に安全を見込んだ数値である。

放物線の終端に設けた半径15.00 mの円弧部は水流が水中に突入したのちに、強制的にこの円弧により渦を起こさせて、落下水のエネルギーを減殺させるサブマージットバケットで下流にある副ダムとの間の水叩内で完全に静水に復することができる。以上の余水吐の流路形状は、数次の水理実験をくり返して決定したものである。なお、実験と実物との対比のために、屋根始端に流速計、屋根表面には圧力計、水叩内には水位計を設置している。

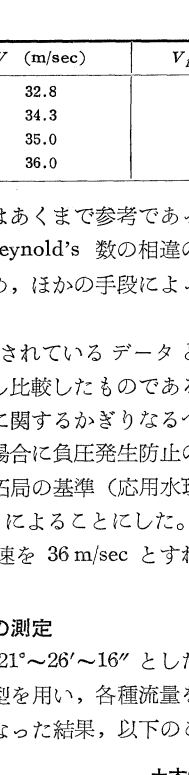
つぎに屋根曲線に関するおもな水理実験の概略をあげる。

##### (1) ダム下流面を流下する越流水の流速について

放物線の方程式は放物線始端の角度と初速によって決定されることから、放物線の始点における流速を決定することが重大なる実験項目であった。縮尺1/50の2次元のパラフィン模型を作り、放物線の始端に相当する位置で放射した飛水の到達距離を各種流量にて測定し、この距離から空気抵抗を無視した計算を行なって、模型における流速 $V$ を求めた。この $V$ と射出端に立てたピトー管による流速 $V_p$ とを比較するとつぎの値が得られた。

流 量 (m <sup>3</sup> /sec)	$V$ (m/sec)	$V_p$ (m/sec)
1000	32.8	34.1
1700	34.3	36.2
2100	35.0	36.3
2400	36.0	36.6

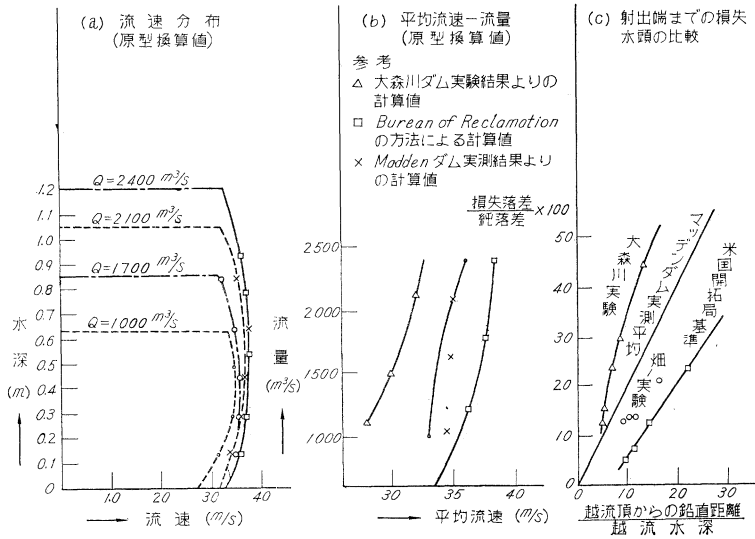
しかし、これらの値はあくまで参考であって、実際流速は模型と原型とのReynold's数の相違の不明と、空気混合量との相違のため、ほかの手段によって求めざるを得なかった。

図10は、従来発表されているデータと今回の実験における測定値を併記し比較したものであるが、本地点の場合屋根形状の決定に関するかぎりなるべく大きい流速をとるのが、実際の場合に負圧発生防止の意味から安全であるので、米国開拓局の基準（応用水理学II, p.462, 図2.8.26参照）によることにした。これによれば、射出端下縁換算流速を36 m/secとすれば、十分であることがわかった。

##### (2) 屋根上の水圧の測定

$V=35.52$  m/sec,  $\theta=21^\circ\sim 26^\circ\sim 16''$ とした場合の縮尺1/50のパラフィン模型を用い、各種流量を流して屋根表面上の水圧測定を行なった結果、以下のことを決定し

図-10 射出端流速



た。

- ① ダムと屋根との取合部の円弧における水圧は、遠心力と静水圧を加わえた計算応力にはほぼ等しい。
- ② 放物線の始端には遠心力の影響が多少残っていて、水圧が上昇する傾向がある。
- ③ 放物線部の水圧は始端の流速が放物線を決定した初速に一致していれば、理論的には0になるが、ダムを流下した越流水は、越流の中方向に均等な水深で流れず、平均水深の2倍程度の横波が生ずる。

この結果、屋根のある部分には瞬間的に水圧の上昇する箇所もあると見受けられたが、測定用の圧力計には、この瞬間的な圧力上昇をとらえることができなかった。放射水の下側ナップの屋根表面からはく離によって負圧が生ずる現象も測定できなかった。実施設計においては、空気の抵抗、流速の不均一性、越流中方向の横波現象などを考慮して、最大流量時に水深 1m の静水圧が屋根に生ずるものとして設計した。

## 5. 発電所

当発電所は前述したように、ダムと接続しているので、ダムとの関係を無視して設計するわけにはいかなかった。発電所の長手方向はダムの3つのブロックにわたっているため、必然的にダムのブロックジョイントにより発電所も3つのブロックに分離された。したがって3つの発電機基礎も、ダムのブロックジョイントと一貫したジョイントによって分離せられた。上下流横断方向ではダムの水圧その他による変位が直接水車基礎に伝わらないように、ダムのコンクリートと水車の基礎コンクリートの間にもジョイントを設けて絶縁した。ただし

ダムの基礎岩盤に生ずる変位が、発電機におよぼす影響はほとんどないと考えられるので、これは無視することにした。長手方向の3つのジョイントと横断方向にダムと発電所との間のジョイントを通したことから、上部の発電所建家も、これらのジョイントにしたがう構造となった。

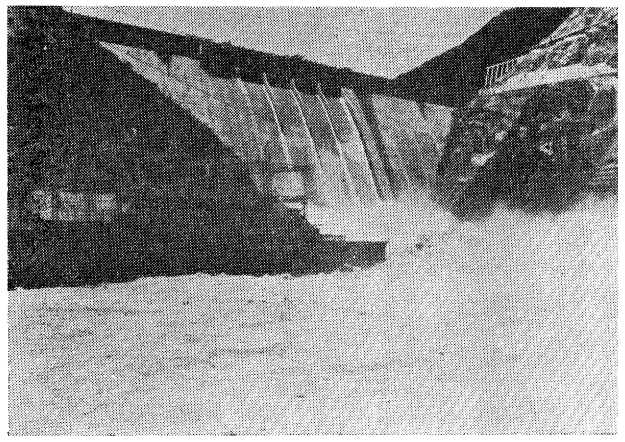
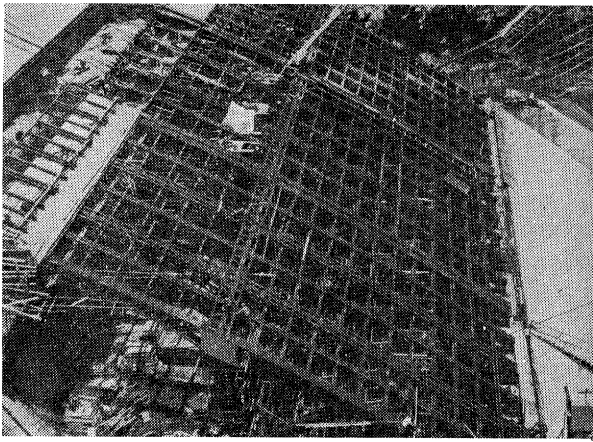
上下流方向の建家構造では、建家の基礎をダムコンクリートと発電所コンクリートの両者にまたがって設けることは、当然許されないため、発電所建家は上流側のダムコンクリートのみで基礎をもったラーメン構造とした。ダムコンクリートも水圧その他の荷重によって変位を生じ、この変位も

標高差によって異なる。建家の基礎と屋根ばりの取り付け部との水平方向変位差を 4mm とし、建家の基礎の沈下量も 4mm とし、建家の鉄骨計算に導入した。屋根下流端の鉄骨ばりは自由支承として、建家と下流コンクリートブロックとの変位差を吸収できるようにしたので、屋根スラブコンクリートと下流コンクリートとの間は約 20cm のすきまをもつジョイントを作った。越流水が高速流で屋根上を流下した場合に、このすきまによってキャピテーションが起こり、下流のコンクリート面が損傷することを防ぐ必要から、主機室の天井裏よりパイプを通して、このすきまに十分な空気を送る設備をした。屋根ばりの支承端には大きな曲率面をもったケルメット合金シューを用い、将来とも保守の必要のないようにした。

ダムのブロックジョイントによって発電所建家の長手方向は、屋根コンクリートも各階の版も2つのジョイントで分離している。したがって鉄骨も各ブロックごとに分離して独立に建てられている。

屋根コンクリートスラブは約 2.00m 間隔の横ばりと縦ばりとに支持せられた厚さ 50cm の鉄筋コンクリートスラブで、この表面は放物線形をなしているために高さ 2m、巾 11m の特殊スライドホームを使って厳密な測量を行なってコンクリートを打設した。屋根スラブにきれつが入ることは屋根としても、また余水路敷としても思わしくないため、コンクリートスラブのあらゆる力学的条件と施工条件とを考慮したうえで、異形鉄筋とリング状鉄筋を配筋し、十分な強度ときれつ防止につとめるとともに、コンクリートの厳密な品質管理と施工管理を行なった(口絵写真および次ページ写真参照)。

当発電所は揚水発電も行なう関係から、水車中心標



高が下流の放水位でもある第2調整池の最高水位より17.50mも低い位置にあるので、発電所の大部分が水中に没することになる。このために外部よりの防水、特に下流側よりの防水に注意して設計した。各構造継ぎ手にはろう水防止のため、銅板、ビニル板、鉄板などをその継ぎ手の性質を考えたうえで2重にそう入した。特に屋根コンクリートと下流コンクリートとの継ぎ手および発電所側壁との継ぎ手には、屋根コンクリートに移動を許している関係から止水板のそう入方法と止水板相互のジョイント方法には最大の苦心をはらった。畑薙第一ダム竣工に先きだって畑薙第二ダムが、完工、湛水した関係から、当発電所は竣工後と同様に畑薙第二調整池内に沈んだが、わずかに水の浸出する箇所が数カ所あるのみで、多くの構造継ぎ手を持った止水工はほぼ完全であったと思われる。

【写真説明】

左 上：発電所屋根鉄骨ばりの加設完了  
右 上：1700 m<sup>3</sup>/sec 放流テスト

6. むすび

以上、概略畑薙第一発電所の設計上の特異点を中心として、その概要を述べたが、現在竣工間近で、施工上の諸資料、諸記録は完全に整備されておらず、報告できる段階になっていない。このことは、まったく報文としての骨子を欠くものであり、まことに残念である。

畑薙第一発電所の設計にあたっては、過去に前例のない点が多く、これらの点をまがりなりにも解決して、無事竣工に近づいたことは、ひとり設計、計画を行なったわれわれのみならず電力中央研究所や各大学などの関係諸機関のご援助の賜ものであることを、ここに紙上をかりて深謝する。

参考文献

- 1) 電力中央研究所技術研究所報告：佐久間ダム洪水吐に関する研究，土木 55012
- 2) 電力中央研究所技術研究所報告：奥只見ダム洪水吐水理模型実験，土木 58005 (原稿受付：1962.4.20)

内容説明書送呈

編集委員会編 A5・定価二〇〇〇円  
**軽量形鋼建築便覧**

渡辺 隆著 B6・定価四五〇〇円  
**土質調査および土質試験**

石井 靖 丸著 B6・定価四〇〇〇円  
**軟弱地盤工法**

著者の経験と理論  
研究および実際に  
役立つ設計・施工  
を詳細に解説した

録索引  
A5判・六五〇頁 定価二五〇〇円

本書は、旧著「鉄筋コンクリート橋」とほぼ同じ構成に従ったが、新たにプレストレストコンクリート橋11章を収録して、各編もそれぞれ最新の施工および設計理論を増補書き改めたもので関係技術者の必携の書。

北海道大学  
教授 工博

横道英雄著

鉄筋コンクリート橋および  
プレストレストコンクリート橋

**コンクリート橋**

土木学会監修

土木工学叢書

技 報 堂  
東京都港区赤坂溜池町5番地  
振替口座東京10番電話481-8581

# 日本工学会秋季見学会開催について

日本工学会主催で下記のとおり秋季見学会を開催致しますので、ご希望の方はふるってご参加下さい。

## 記

1. 日 時：1962年10月24日(水) 9.00~18.00
2. 見 学 先：新宿駅西口から貸切バスにより出発、氷川町における奥多摩工業石灰事業および小河内ダム奥多摩湖を周遊見学し、夕刻 18.00 新宿駅帰着解散
  - (1) 奥多摩工業(資本金 28 億 8000 万円, 石灰石月産量 20 万 t), 氷川工場(最新鋭の石灰石処理ならびに石灰焼成施設)および互長 5 km (主としてトンネル)の曳索鉄道による高能率運搬方式
  - (2) 小河内ダムの堤体構造および発電施設
3. 定 員：50 名
4. 参加会費：500 円(バス代・昼食代)
5. 集合場所：国電新宿駅西口 安田生命本社前に 9.00 までに集合、ただちに出発
6. 申 込 先：(1) はがき大の申込書に住所、氏名、所属学会名を記入し会費 500 円を現金書留にて同封 9月30日必着とし、直接日本工学会(東京都千代田区神田佐久間町1の11)あて申し込むこと。  
 (2) 定員 50 名先着順に参加証を送ります。  
 (3) 10月15日以後の取り消しおよび不参加の場合、会費はお返しいたしません。

## 豆 知 識

### 東海道新幹線工事概要

東京・大阪間 515 km を 3 時間で結ぶ東海道新幹線建設工事は 39 年開通を目標にいま急ピッチで進められている。問題の用地買収も昨年度末までに全線の約 93% を確保、路盤工事も全線

の 81% にあたる 415 km を着工している。そこで近く貫通する丹那トンネルをはじめ、天竜川橋梁、浜名橋梁などの工事を受けもっている国鉄静岡幹線工務局の工事概要を示すと本年 6 月 1 日現在、下図のとおりである。

