

工
事
中
の
ダ
ム
全
景

完成せまる 一ツ瀬発電所建設工事概要

一ツ瀬ダム第二のアーチダムに関して

田代 信雄*

1. まえがき

ここに紹介する一ツ瀬発電所は、宮崎県の中央部を東南に流下して日向灘にそそぐ、一ツ瀬川の中流域に建設するもので、国鉄日豊線より分岐している妻線の終点、西都市杉安に建設事務所をおき、ここを基地としてこれより上流 42 km の間において、一ツ瀬、杉安(逆調用)両発電所の新設、ならびにこれにともなう補償道路工事が実施されている。すでに杉安発電所は完成し、本年3月22日仮使用認可をうけており、一ツ瀬発電所の総合進捗は約 98% で、一ツ瀬ダムは、本年4月2日洪水を開始した。

一ツ瀬川水系には今日までに、上流より横ノ口(10 000 kW)、村所(8 000 kW)、下相見(8 500 kW)、一ツ瀬川(9 000 kW)の4発電所が開発されていたが、第4次包蔵水力調査にあたって、再開発を計画したところ、前記のうち下相見、一ツ瀬川の両発電所を廃止して、この地

点に大容量の貯水池を設けることが経済的に有利であるとの結論を得たので、昭和31年10月、現地に調査所を開設して精測を重ね、さらに昭和34年8月に建設所を設置して、総工費204億円、出力180 000 kWの一ツ瀬発電所と、総工費16億円、出力11 500 kWの杉安発電所を建設することになったものである。

2. 計画概要

(1) 発電計画

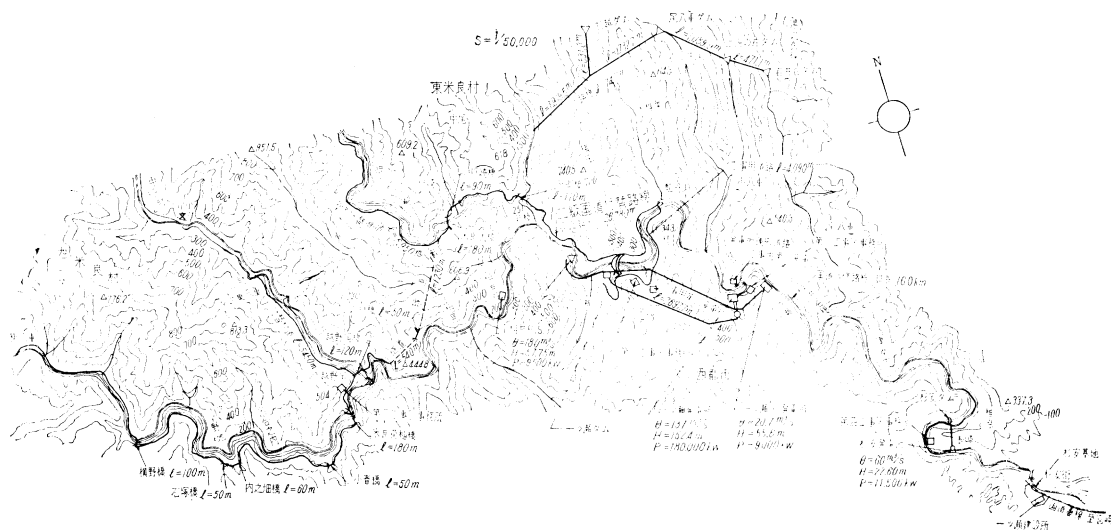
	最大	常時	常尖
使用水量	137.0 m ³ /s	21.5 m ³ /s	123.0 m ³ /s
有効落差	152.06 m	143.93 "	123.14 "
発電電力	180 000 kW	19 100 "	130 000 "

年間発生電力量 437 714 mWh
(うち自己分 426 861 mWh)

(2) 取水河川の状態(取水口における流量)

豊水區	平水量	低水量	氾水量	年平均	計画洪水量
39.40 m ³ /s	19.50 m ³ /s	10.70 m ³ /s	5.89 m ³ /s	41.60 m ³ /s	4 400.00 m ³ /s

図-1 一ツ瀬ダム一般平面図



* 正員 九州電力KK一ツ瀬発電所建設所長

(3) 貯水池

総貯水量：261 315 000 m³
 有効貯水量：155 500 000 m³
 利用水深：30 m
 満水面積：6.86 km²
 満水位：EL. 200 m
 流域面積：445.9 km²
 (うち 本流 415 km², 支流 30.9 km²)

3. 設備概要

(1) 土木設備

a) ダム

形式：可動げき付越流型アーチ式コンクリートダム
 高さ：130 m
 堤頂長：415.62 m (うちスラストブロック 45 m)
 堤頂幅：4.00 m (スラストブロック 5.00~9.50 m)
 敷幅：23.3 m
 堤体積：555 000 m³
 余水路：両側部 スキージャンプ式
 中央部 越流式
 可動げき：両側部 幅 15.0 m, 高さ 8.2 m, テンターゲート 4門 (処理量 3 300 m³/s)
 中央部 幅 13.0 m, 高さ 6.7 m, テンターゲート 2門 (処理量 1 100 m³/s)
 水たたき：中央越流部の落下点に 幅 50 m, 長さ 20 m, 厚さ 3 m の水たたき工を施す。
 放流管：ダム中央部 EL. 145 m に内径 2.3 m 1本を設置

監査廊：ダム河床 EL. 73 m に延長約 60 m, 幅 2.5 m, 高さ 3.5 m の上部半円の監査廊を設置

b) 取水口

呑口部：幅 13.0 m, 高さ 18.0 m, 長さ 25.2 m
 トンネル部：内径 6.9 m, 円型トンネル, 延長 69.3 m (うち 12.0 m 間にて呑口より, 円型に漸変させる)
 制水門：幅 5.4 m, 高さ 6.9 m キャタピラゲート 1門
 バイパスバルブ内径 0.42 m 2個を内設

c) 導水路

構造：内径 6.9 m, 円型鉄筋コンクリート造, 圧力トンネル
 延長：2 670 m
 巻厚：0.5~0.7 m

d) 水槽

形式：非越流型, 水室式調圧水槽
 上部水室：内径 20 m, 高さ 19 m 円筒型
 連絡水槽：内径 6.9 m, 高さ 49.1 m
 下部水室：内径 6.9 m, 高さ 110.1 m, 連絡水槽の周辺をらせん状に設ける。

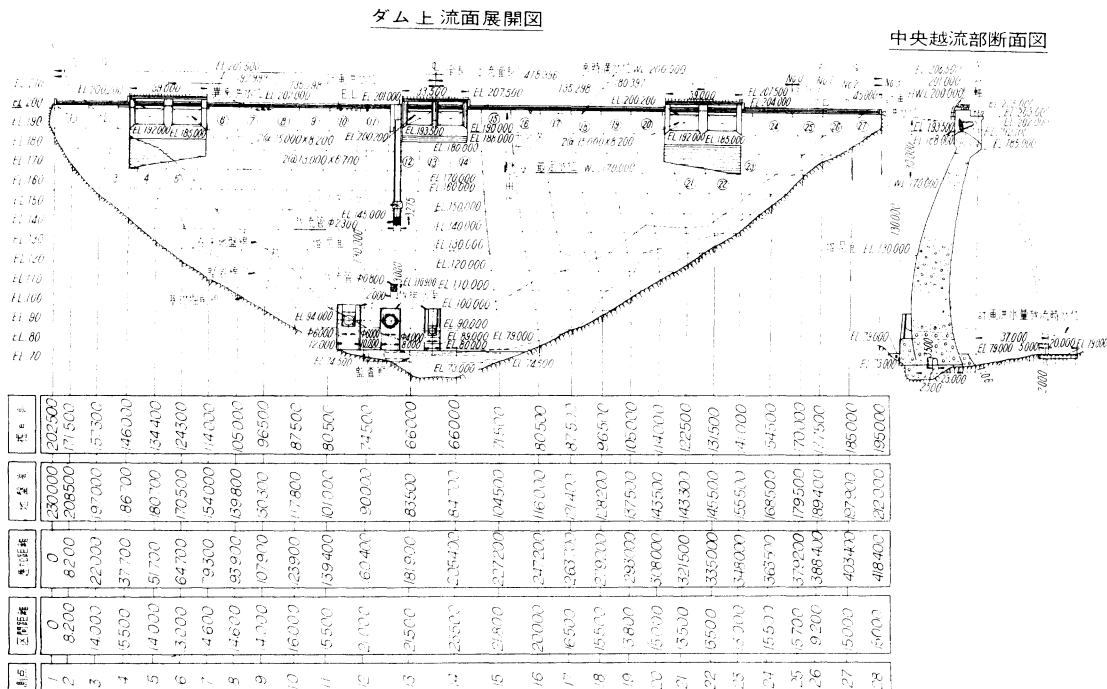
e) 水圧管路

本管：内径 6.0 m, 勾配 1/40, 延長 101.7 m の水圧管トンネル 支管への分岐部には, 内径 8.0 m, 長さ 6.0 m の 鼓球を使用。
 支管：内径 4.2~3.5 m, 延長 21.6 m, 管厚 13~36 mm (SM 50 および HT 60 使用) 2 条

f) 放水路

幅 10.7~9.7 m, 延長 33.5 m の知形断面蓋渠 2 条とする。

図-2 ダム設計図



g) 支流水路 一ッ瀬ダム地点より下流域にある岩井谷、上湯ノ片、尾八重、打越の各支流より取水し、一ッ瀬貯水池まで導水する。流域面積は 30.9 km² 最大取水量 5 m³/s 水路亘長 6 415 m である。

(2) 発電所設備

- 建 物：幅 30 m、長さ 57 m の屋内型、地下 7 階、地上 3 階とする。山側壁は、土圧に耐えられるようアーチ式構造とする。
- 水 車：立軸反動型、単輪単流渦巻型、フランシス水車 94 000 kW 2 台
- 発 電 機：立軸閉鎖風胴循環型 3 相交流同期発電機 100 000 kVA 2 台
- 変 圧 器：屋外型、3 相送油風冷式、200 000 kVA 2 台、電圧は 1 次 115 kV、2 次 230 kV、3 次 15 kV とする。

4. 工事概要

(1) ダム工事

a) 概要 ダム工事は本体工事と、仮締切仮排水トンネルおよび各種プラント基礎、工所用道路などの付帯工事とにわけて同時に請負付託した。これらの工事は 36 年 7 月のコンクリート打設を目標に、35 年 3 月より逐次着手し、36 年 5 月には準備工事もおおむね終了し

て、6~7 月の 2 カ月間機器の試運転を行ない、7 月末第 1 回のコンクリートを打設することができた。一方その間に、基礎掘削は予定量の約 92% を終了し、また骨材は約 40 000 m³ を貯蔵した。その後 8, 9 月の台風出水や 11 月の異常出水、また河床に介在した地質不良箇所の処理など、当初は障害も多かったが、12 月よりは順調にすすみ、38 年 3 月末現在、計画の約 99%、548 000 m³ を打設した。

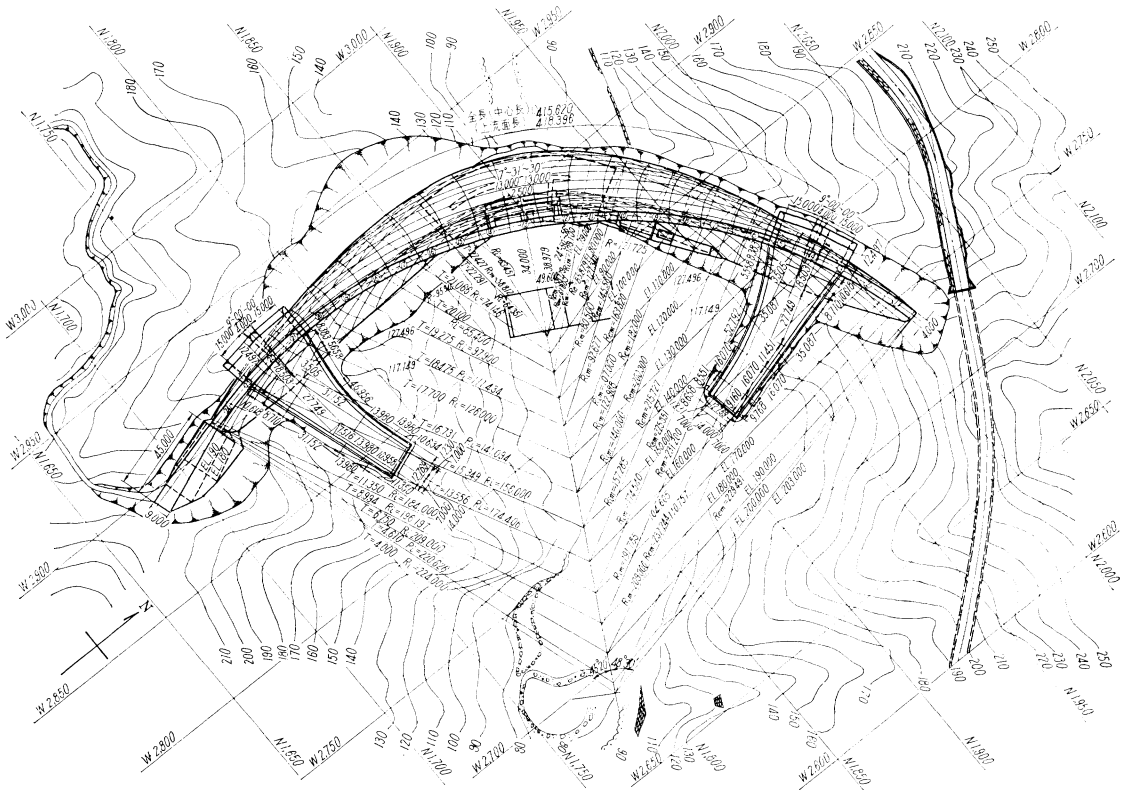
すでに 4 月 2 日より湛水を開始し、コンクリートは、スラスト ブロックの一部、高欄、余水吐橋梁、および余水路側壁の一部を残すのみで、4 月末には全コンクリート打設を完了する予定である。

b) 基 礎

① 地質：ダム地点の地質は、右岸が硬砂岩、左岸は砂岩と頁岩の互層であって、その境界には若干の断層がみられるが顕著なものではない。河床部には石墨質の断層破碎帯があり、ダム中央最深部で上流から下流に走り、またその一部はアーチの上流側をかすめて、右岸から左岸に向かっていた。これらの部分は深く掘り下げてコンクリートで置きかえるとともに、レールを格子状に組合せて基礎を補強した。

② 掘削：基礎掘削量は、堤体 383 000 m³、余水路

図-3 ダム設計図(平面図)



60 000 m³, 合計 443 000 m³ であるが、ダム工事の全体工程よりみた場合、おそくとも 36 年 8 月までの約 1 カ年間に掘削を完了しなければならなかったため、その工法については十分に検討を重ねた結果、ベンチカット工法を主体とし、兩岸に 4 本のずり搬出路を設けて上下流の河床土捨場まで搬出した。ベンチ高は 5~15 m とし、3 孔列に主としてエキアードラックドリルでせん孔した。また発破時、岩盤におよぼす影響を考慮して段発にするとともに、薬量を制限して、一発破のベンチ長を最大 40 m とした。

掘削は 35 年 9 月より開始し、36 年 7 月までに約 400 000 m³ を処理したが、この間に月最大 58 000 m³ を記録した。使用したおもな重機はつぎのとおりである。

機 種	仕 様	台 数
エキアードラックドリル	AT-1000 AT-3000	7 台
ワーゴンドリル		6 台
ブリーダー	D-8 D-80	8 台
パワーショベル	1.9 m ³ 1.2 m ³	4 台
ダンプトラック	15 t, 13 t, 8 t	19 台

③ グラウト：コンソリデーショングラウトはつぎの基準により実施した。

1 次孔：孔深 5 m, 配置 4~5 m 格子

2 次孔：孔深 15 m, 配置 5~6 m 間隔（打設後下流堤外より実施）

また河床部は断層があるため、つぎの基準より特に入念に施工した。

基準孔：孔深 15~30 m, 配置 5 m 格子

補助孔：孔深 15~20 m, 基準孔の中間に配置

カーテングラウトはつぎの基準で基礎土流面に実施した。

調査孔：孔深 45~97 m, 間隔 12 m

中間孔：孔深 40~95 m, 間隔 3 m

補助孔：孔深 35~90 m, 間隔 1.5 m

さらに河床部は基礎安定の万全を期するために監査廊よりせん孔し、2 次、3 次のグラウトを施した。

2 次孔：孔深 88~100 m, 間隔 1.5 m

3 次孔：孔深 63~64.5 m, 間隔 1.5 m

グラウトは液体サイクロンを使用して粗粒セメントを除去し

たのち注入した。

また急斜面上のコンクリートと岩盤との間げきを充填するコンタクトグラウト、およびカーテングラウトの遮水幕を延長するリムグラウトを実施した。

c) コンクリート

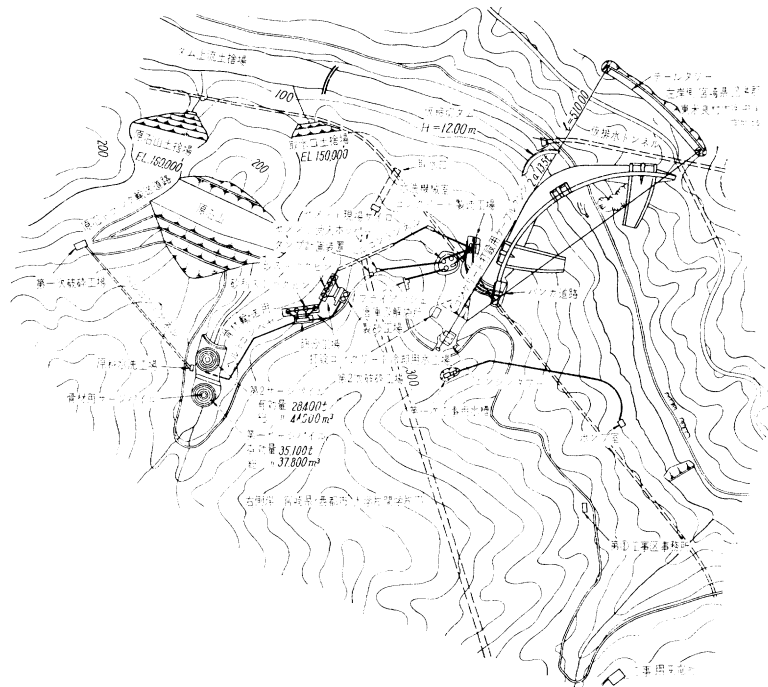
① 打設：堤体は 15 m ごとに収縮継手を設け、27 ブロック（アーチ部 24、スラストブロック 3）にわけて、1 リフト 2 m（着岩部 1.5 m）とし、層式または階段式で 4 層に打込み、型わくは上下流面、ジョイント面とも幅 24 m の Cantileve Type の鋼製型わくを使用した。バッチャープラントは 3 m³ ミキサ 3 基、ケーブルクレーンは 13.5 t 2 基で、ともに上椎葉ダムの設計を移設改良したもので、打設実績は日最大 2 300 m³、月最大 45 500 m³ を記録した。

② 使用材料：コンクリートの温度上昇を抑制するため中庸熱セメントを使用、フライアッシュを混入した。

セメントはバラ輸送とし、工場より杉安基地まで 15 t 専用貨車で運搬したのち、7.2 t タンク車で現地へ搬入した。このため基地に 1 500 t サイロ 1 基、現地に 750 t サイロ 2 基を設置した。

骨材は砕石、砕砂を使用することにし、原石はダム上流約 500 m の右岸側にもとめ、幅約 150 m の帯状の硬砂岩を採取することにした。硬砂岩を比重、吸水率、風化程度などより A-D 級の 4 種類に区分し、AB 級は 100% 使用、C 級は 50% までの混入を許容し、D 級および

図-4 ダム コンクリート打設用仮設備配置図



粘板岩は無条件に廃棄することにした。骨材の最大寸法は 150 mm とし、150~80, 80~40, 40~20, 20~5, 5~0 の 5 種類に分級した。

混和剤には、フリオプラストと、シーカ AFR を併用することにした。

③ 配合：当初コンクリートの目標強度は、最大応力 80 kg/cm²、安全率 5、保証率 95%、変動係数 20% で 480 kg/cm² とし単位セメント量は $C+F=230 \text{ kg/m}^3$ 、 $F/C+F=30\%$ とした。しかし施工管理の向上にともない変動係数 20% では余裕がありすぎたので、37 年 6 月よりこれを 12% とし、目標強度 440 kg/cm²、 $C+F=215 \text{ kg/m}^3$ に変動した。

④ 冷却および継目グラウト：冷却はプレクーリングを行わず、パイプクーリングを実施した(ただし混合水は 4°C の冷却水を使用)。コイルは外径 25 mm の電線管で、着岩部で 1 m、その他で 1.5~2 m 間隔に埋設し、冷却水は右岸側の冷却プラント(フォレオン R-11 使用、600 冷凍トン)で河水を 4°C に冷却し使用した。

ダム内部温度が年平均気温 16.7°C まで下がったのち継目グラウト(1 リフト 14 m)を実施した。グラウト

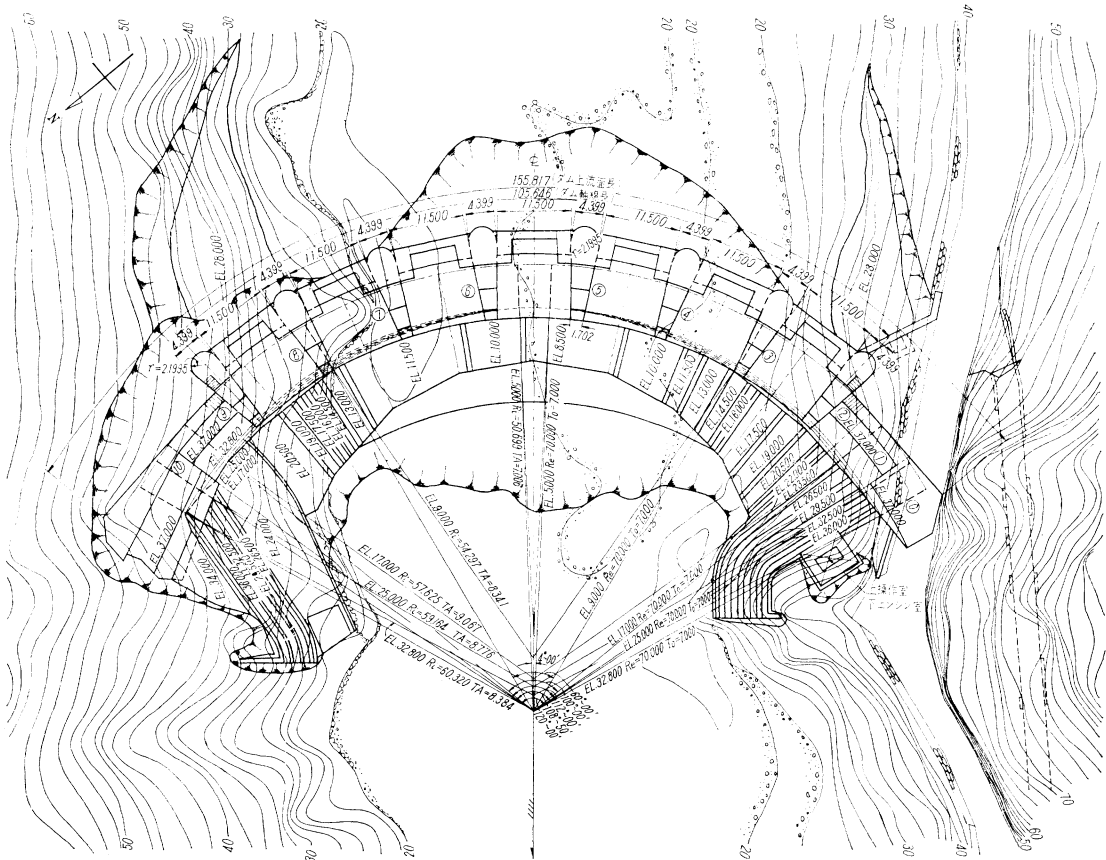
ストップは上流側に厚さ 1.2 mm、幅 700 mm の止水銅板、水平および下流側に厚さ 0.6 mm、幅 800 mm の鉄板を使用し、さらに上流側にアスファルトバーを入れて止水を完全にした。

d) 原石山 コンクリート量 555 000 m³ に要する骨材は 1 200 000 t、原石は 520 000 m³ (地山量)となる。原石山は EL. 232 以上が表土および不良岩であったため、葉量 33 t の坑道発破により事前に廃棄し、EL. 232~152 間において、高さ 16 m のベンチカット工法で掘削することにした。せん孔にはエヤートラックドリルを使用して、ビット径 3 in、孔深 16 m、孔間隔 2.7×2.7 m とし、運搬(平均 300 m)には 1.2 m³ 級パワーショベル 4 台、13.5 t 級ダンプトラック 9 台を使用した。

(2) トンネル工事

トンネルの地質は粘板岩を主体とするもので、ところどころに硬砂岩が介在し、その境界は破砕帯を形成して圧力水をともなうところもあったため、これらの部分は施工の安全と確実を期するための捨巻工法を採用した。トンネルの断面形状、グラウトの種類は地質に応じて 4 種にわけ、横坑は地形ならびに工期より勘案して 2 本設

図-5 杉安ダム平面図



けた。掘削は地質状態を把握するため、底設導坑(2.5×3.5 m)を先進させ、切掘げは特別悪いところを除き全断面工法をとった。

コンクリートはコンクリートポンプで打込み、型わくはトラベル型スチールホームおよびメタルホームを使用しセメントはフライアッシュセメント、骨材は一ッ瀬川下流の天然骨材を使用した。

巻立の終了した部分は、モルタルポンプで配合1:3のモルタルを天端に填充し、さらにインバート打設終了後、最大圧力15 kg/cm²で高压グラウトを施工した。また、横坑付近、取水口門扉の周辺、鉄管トンネル付近には、カーテングラウトを施工した。

(3) 水槽工事

模型実験の結果、つぎのような現象を生じ満足すべきものでなかったため下部水室を、らせん状に変更した。

a) ダウンサージングに際して、下部水室内の作動がおくれるため水室内にはかなりの水が残っているにもかかわらず水位は制限水位より低下する。

b) 水位降下のとき下部水室の水が互いに衝突する形となりポート上部でかなりの渦流を生じ、トンネル内に空気を連行するおそれがある。

c) アップサージングに際し下部水室内に多量の空気が残り、水位上昇にともない連絡水槽内に浮上し、場合によってはエアハンマーによる圧力上昇を生ずるおそれがある。

掘削は上部水室の底部に作業横坑を、連絡水槽の中心線に沿って立坑を先進した。下部水室はトンネルと高低的に接近しているため、トンネルを完全に仕上げてから

掘削を開始した。水槽付近の地質は粘板岩が主体で、破砕帯も多かったため、30～45 cmの捨巻コンクリートを施し安全を期した。グラウトは下部水室内はトンネルに準じて行ない連絡水槽部は上部水室の底面から35～50 m間を数段にわけて、ステージグラウトを実施した。

(4) 水圧管路および発電所工事

水圧管路、発電所付近の地質は非常に節理が発達した粘板岩で地層はほぼ地表に平行し、断層も数本あった。また地表から約50 mのところには既設一ッ瀬発電所の水路トンネルがあり、これからのろ水も多かったため掘削に先行して要所にロックボルトを埋込み、あるいはグラウトであらかじめ山固めを行ない、また発電所基礎の山側壁をアーチ状にするなどの工法をとった。ロックボルトは径45 mmでせん孔径φ32 mm、長さ20～25 mの鉄筋をそう入したのちグラウトを行なった。グラウトはボルトの定着のみならず節理の填充およびトンネルからのろ水防止を目的とした。

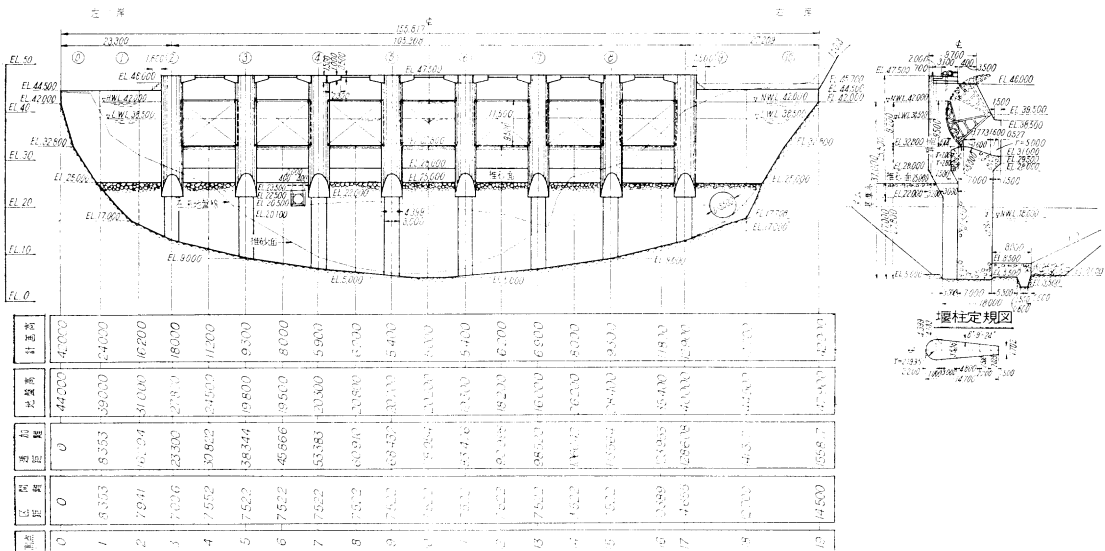
(5) 補償工事

一ッ瀬川に沿って2級国道熊本～宮崎線が走っている。この道路は昔日からのものであり、幅員は3.6～4.0 mで狭く、うねりが多いが、九州の東西を貫く要路となっており、また、これを基幹として県村道あるいは林里道が林産資源搬出のため各支流に発達している。したがってこれらの道路のうちダム工事により水没する6.86 km²内にあるものは必然的に付替補償を必要とすることになり、その延長は国道25 km、県道6 km、その他45 kmにおよび規模もすべて正規の道路規程によるため、その工事量も相当なものとなった。なかでも

図一六 ダム設計図

ダム上流面展開図

中央断面図



国道付替工事がその大半を占め、トンネル、橋梁などの永久構造物の数も下記のとおりかなりなものとなった。これらの道路は、そのほとんどが既設道路の通行をしなから施工しなければならなかったため、その路線の選定、施工の方法などについて、予想外の苦労がはらわれた。

名 称	幅員m	延長 m	備 考
銀鏡トンネル	6	1 240	
山之戸トンネル	6	588	
戸崎トンネル	6	155	
糸 薨 谷 橋	6	150	(橋格一等橋) ランガー鋼橋
戸 崎 橋	6	95	〃
二 軒 橋	6	193.5	鋼補剛構吊橋
山 之 戸 橋	6	56	2 ヒンジ鋼アーチ橋
越 野 尾 橋	6	142	P C 橋 (ディビダーク工法)
米 良 稻 荷 橋	6	160	ランガー鋼橋
1 号 橋	6	55	P C 桁橋
2 号 橋	6	63	〃
3 号 橋	6	39	〃
横 野 大 橋	6	95	〃

5. 杉安発電所

本発電所は上流一ッ瀬発電所の逆調用として計画したもので一ッ瀬発電所の下流約 10 km のところにある。発電計画は一ッ瀬ダム築造後における杉安地点の流況より上流一ッ瀬発電所のピークを逆調用することを考慮して最も経済的な 80 日流量 (設備利用率約 60%) に相当する 60 m³/s を最大使用水量とすることとした。また下流域に対するかんがい責任放流量は 16 m³/s で、この放流を行ないつつ日負荷の変動に応じようよう調整するため、常尖水量も 60 m³/s とした。発電計画の諸元はつぎのとおりである。

	最 大	常 時	常 尖
使用水量	60 m ³ /s	22 m ³ /s	60 m ³ /s
有効落差	22.60 m	22.04 m	20.83 m
発電電力	11 500 kW	3 800 kW	10 700 kW

(年間発生電力量 51 668 mWh)

また調整池およびダムの諸元はつぎのとおりである。

ダ ム 形 式: 越流式 定半径アーチ式
高 さ: 37.0 m 堤頂長 155.8 m
堤 幅: 7.0 m 堤体積 41 700 m³
計画洪水量: 4 800 m³/s
テンターゲート: 11.5 × 9.5 m 7門

調整池 総貯水量: 8 765 000 m³ 満水位: EL. 42.0 m
 有効貯水量: 2 247 000 m³ 湛水面積: 0.68 km²
 利用水深: 3.5 m

ダム地点の河床には平均 13 m の厚さで砂礫が堆積しており、基礎岩盤最深部の標高は EL. 5 m であった。よって仮締切は河床を平滑にならした上に厚さ 50 cm の押えコンクリートを打設したのち、その上から 2 m 間隔の千鳥型にボーリングを行ない、ステージ グラウトにより砂礫層にセメントミルクとペントナイトで圧入

し止水する方法をとった。

ダムの設計については、河床堆積層が深くかつ洪水量が大きいため、①ダムの見かけの高さが低く洪水時下流水位が高くなる。②越流水脈がダムの根本近くに落下し、河床を洗掘して自然に減勢池が形成され、かつ下流地形を縮小する。③アーチの曲りによる流れの中央部集中傾向が越流係数に影響するのではないかと、などのことが懸念されたので水理模型実験を行なって越流部の形状その他を定めた。ダム コンクリートのセメントは、フライアッシュ 30% 入りのポゾランセメントを、また骨材は一ッ瀬川下流の天然骨材を使用した。粗骨材の最大寸法は 80 mm とし 4 種類に分級した。

取水口はダムの上流約 125 m のところに設け、これより延長 458 m、内径 5 m の円型圧力トンネルで発電所まで導水する。トンネルは下流側より施工し、取水口が完成するまで一部の掘削を残留して洪水に対処した。

また水槽、水圧管路は地形の関係上すべて地中に設けた。水槽は水室型調圧水槽とし、水室はトンネル形式として地表面まで延長して末端に越流部を設けた。水圧管は内径 5 m の円型鉄筋コンクリート構造とし、発電所基礎は地形が狭隘であったので円型とし、機器の配置もコンパクトに考えた。

6. あとがき

以上、紹介した一ッ瀬、杉安両発電所で発生した電力は 230 kV 送電線により上椎葉まで送電したのち、既設上椎葉～山家線により北九州工業地帯へ送電される。また北九州では火力発電を合わせて、西日本送電幹線により関門海峡を渡り中国の電力と合体して、西地域電力広域運営圏を構成している。現在、西地域電力運営圏内で当社が占めている比重は約 50% であり系統の周波数保持について当社にかかる責務は重大である。火主水従の構想のもとに、大容量火力発電所が続々と建設されているいまは、この責任の一部を負担している当発電所の 180 000 kW の出力と、有効容量 155 × 10⁶ m³ の一ッ瀬ダムは渇水期のピーク需要の調整用として意義があり、かつまた大容量火力発電所の予備出力として、ただちに、その威力を発揮して需給の安定をはかり、西地域系統の周波数の調整に即応して良質の電力を供給することができるのでその使命はきわめて大きいものと考えられる。

幸い着工以来工事に支障をきたすような災害や事故もなく順調に進捗して、すでに杉安発電所は竣工し、一ッ瀬ダムも去る 4 月 2 日より湛水を開始し、貯水位の上昇をまって試験運転を開始する段階になっている。

最後に本工事の計画実施にあたりご指導、ご協力を賜わった関係官庁、大学、電力中央研究所の各位に厚くお礼を申し述べるとともに、直接工事の施工に日夜努力された建設業者の方々にあらためて感謝の意を表したい。

(1963. 4. 24・受付)