

「四国のいのち」

早明浦ダム

第2回

その後に影響を与えた新技術も盛り込み完成へ

フリーライター・北原なつ子（土木学会会員 中部産業遺産研究会会員）



ダムの形式と高さの選定

早明浦ダムの形式は、自重で水をせき止めるタイプの重力式コンクリートダムです。フィルダム（土砂、岩石など自然材料を積み上げて造るダム）はダムを造るための適当な材料が付近になく、アーチダムは、谷幅が広過ぎるといった地形的な問題や、地質的な条件も適合しなかったため設計対象となりませんでした。最後に中空重力ダム（重力式コンクリートダムの一種で、内部に空洞部があるダム。コンクリートが節約できる反面、施工がはんだかなので、現在では採用されなくなっています）との比較設計が行われましたが、この形式のダムは設計が複雑になり過ぎ竣工前の中間湛水もできないため、最終的に重力式ダムが選定されました。

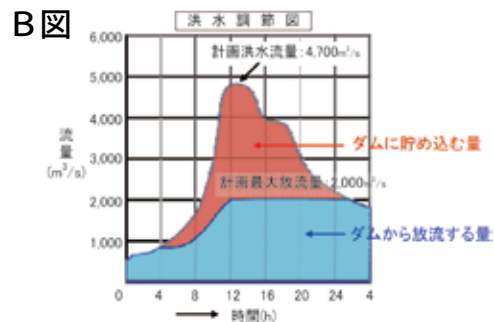
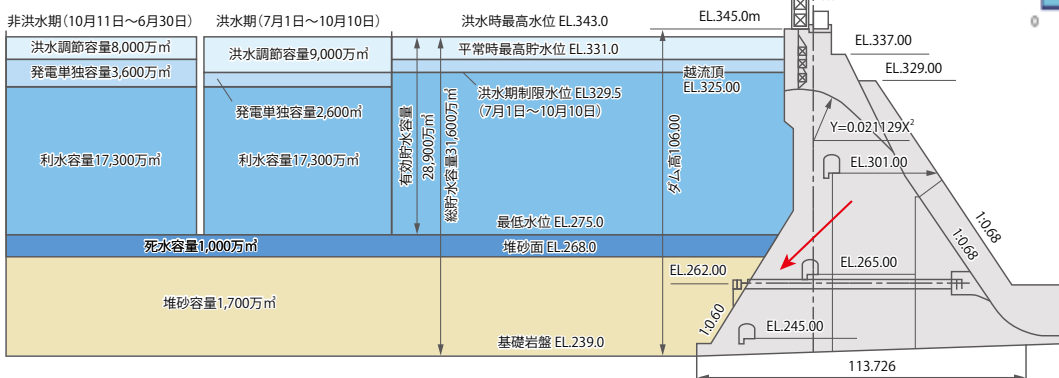
ダムの高さは、まず治水、利水に必要な容量を確保し、両岸の尾根の高さと厚さ、地質条件、工事用のケーブルクレーン走行路配置などを考慮し、106mと決定されました。そしてA図の貯水池容量配分を基に、設計水位は、平常時最高貯水位（渇水、洪水時を除く標準水位）標高331.0m、洪水時最高水位（洪水時に一時

的に貯めることが出来る最高水位）標高343.0mに、風や地震による波浪高を加えたものとし、荷重計算など諸計算をへて、ダム堤体の設計が出来上がりました。

早明浦ダムは、A図にある非洪水期8,000万 m^3 、洪水期9,000万 m^3 の洪水調節容量を使って、B図のような洪水調節を行います。ダムへの洪水の流入量が毎秒800 m^3 を超えるとその超過分の一定割合をダムに溜めていき、洪水の流入量が毎秒4,700 m^3 を超えると、放流量を毎秒2,000 m^3 に抑えて、超過分を全量ダムに溜め込み下流の洪水を防御します。A図の洪水期制限水位・標高329.5mとは、洪水調節に備えて容量を確保するため、洪水期には超えてはならないとして設定されている水位で、平常時最高貯水位より下にあります。

また、早明浦ダムは、多目的ダムであるため、利水のための容量も確保しなければなりません。それが、A図に示されている利水容量1億7,300万 m^3 です。

A図 ■ 貯水池容量配分図



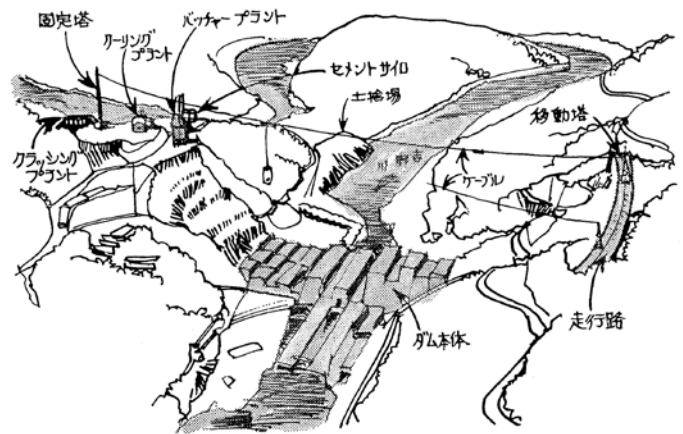
▼ ダム

河川名	吉野川水系吉野川
位置	右岸 高知県土佐郡土佐町中島 左岸 高知県長岡郡本山町吉野
集水面積	472.0km ² (汗見川取水55km ² 含む)
型式	直線重力式コンクリートダム
堤高	106.0m
堤頂長	400.0m
堤体積	1,200,000m ³
堤頂幅	6.0m

▼ 放流設備

選択取水用	鋼製三段式半円形ローラーゲート
利水用	ホロージェットバルブ2門 流量:177m ³ /sec(2門)
洪水調節用	ローラーゲート6門 敷高:EL325.0m ゲート寸法:高18.8m×幅10.4m
発電	最大使用量:65.0m ³ /sec 有効落差:76.0m 最大出力:42,000KW 年間発生電力量:約129,000MWh

▼ 貯水池容量についてはA図に記載



主な仮設備

れるこれら仮設備は、丸1年で順調に整備されました。バッチャープラントやケーブルクレーンは、建設省九州地方建設局(当時)の鶴田ダム工事に使ったものを譲り受け、経費節減を図っています。

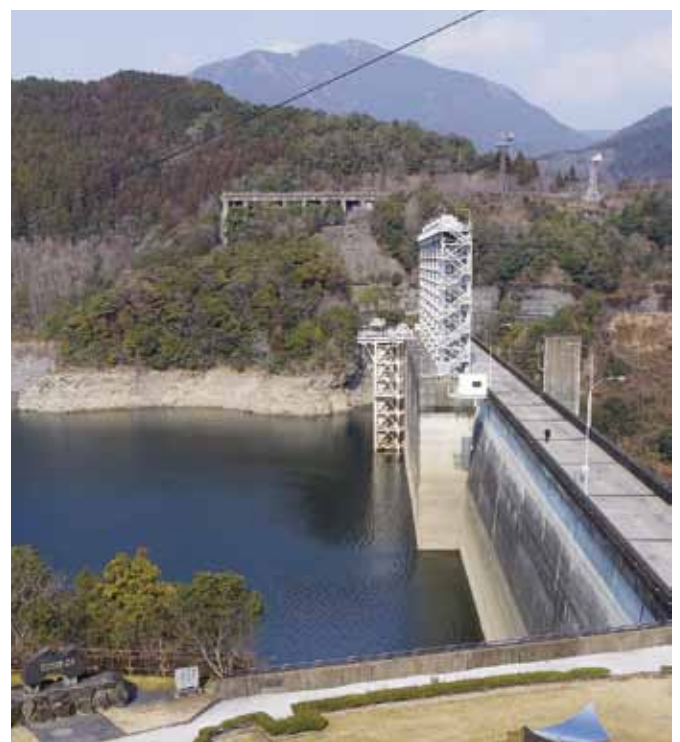
仮設備における他のダムにはない早明浦ダム独特の特徴は、どこの現場でも工事用の変電所は自前で造るのが一般的だそうですが、四国電力(株)に造ってもらい、それを借りたという前例のないことをやったことでした。自前で変電所を造ると、そのための特殊な専門家を常駐させたり、技師を昼夜、長時間貼り付けなければなりません。しかし四国電力の臨時工事に使う程度の設備がたまたま保管されていてそれを借用でき、維持管理もダム本体の施工業者に任せることができました。この方式は、落雷による変電所

日本初の大型フィレットの採用

重力式コンクリートダムの場合、せん断抵抗(すべり、ずれに抵抗する力)安全度の確保が設計上重要なので、基礎岩盤において数次にわたって綿密な数多くのせん断強度試験を行っています。その結果をふまえ、せん断抵抗安全率の向上のため上流側堤体に大きなフィレットを設けることになりました。フィレットとは、ダム堤体の基本三角形の上流側に設けるコンクリート増厚部(A図の赤い矢印部分)のことで、岩盤との接触面を広くし、せん断抵抗力を上げるものです。こうした大型フィレットはわが国で初めて早明浦ダムに採用され、土木工学上、当時大きな話題になったそうです。早明浦ダム以降、重力式コンクリートダムにこの手法が普及していきました。

前例のない工事用変電所の借用

コンクリートを打つための設備としては、コンクリートを運搬するためのケーブルクレーン、バッチャープラント(材料を混ぜ合わせ、ダムコンクリートを作るための施設)、骨材プラント、クーリングプラント(冷却水を製造する設備)、セメントプラント、給水プラントなどがあります。工事完了後に撤去さ



奥に見えるのが、かつてのケーブルクレーンの走行式支持台のレール跡。現在は展望台に改造。コンクリート混合プラントは写真手前側にあり、ケーブルに吊り下げられた6m積みのバケットが往来しました。左手前に「四国のいのち」の碑がみえます。

の火災時に業者の責任で迅速な復旧ができたことなど、大きなメリットがあったといいます。

半川締切り方式、ブロック柱状工法で

ダムサイトにおける吉野川は比較的川幅が広いこと、岩盤が露出していることなどから、「半川締切り方式」で工事が行われました。川を半分締切り、締切り内を水がない状態にして施工し、次に残り半分を施工する工法です。日本で本格的な半川締め切り工法で工事が行われるようになった代表格のダムが早明浦ダムであるといわれています。早明浦ダムでは右岸(川の下流に向かって右の岸)に県道があったため左岸から締切りが実施されました。昭和42年(1967)12月に掘削が開始された1次締切りは翌年の昭和43年3月に完了し、急ピッチで河床掘削を行い、同43年8月、左岸掘削が終了。この間、左岸側の堤体下部に設置される発電所(電源開発(株))の基礎掘削も別途実施されました。同年12月に左岸側からダム本体の打設に着工。同44年5月には残る右岸掘削に着手しました。

コンクリートの打設前には、基礎岩盤の水みちとなる可能性がある割れ目などにセメントミルクを注入することで岩盤の強度や変形性、遮水性を改良するグラウチングが行われ、コンクリートの打設は、ブロック柱状工法で行われました。河川を横断するダム軸に平行な縦継ぎ目と、直角な横継ぎ目でダム堤体をブロックに分け、ブロックごとにコンクリートを打設。コンクリートの硬化時に発する熱によりコンクリートが膨張し、後に収縮する際に発生するひびをブロックに分けて防止する方法です。それまでのダムでは各ブロックが通常15m×20～30mでしたが、早明浦ダムでは最大15m×54mのブロックが採用されたため、コンクリートの熱処理には特に注意が払われ、ブロック内に埋め込んだパイプに冷却水を通すパイプクーリングが行われました。

コンクリートの打設量が120万 m^3 に及んだ早明浦ダムの堤体は、4年の歳月をかけ、昭和47年12月11日に打設を完了しました。建設途中の昭和46年11月には完成を待たずに湛水が開始され、重力式コンクリートダムを選択した効果が発揮されました。



コンクリート打設中の堤体。ブロックに分けて施工しているため、ブロックの縦継ぎ目(手前側)に凹凸があること、型枠の高低差があることが分かります。

本四架橋のテストケース・上吉野川橋

早明浦ダムの貯水池は細長く(延長19km)、流入河川も多いため、数多くの橋が架けられました。50mを超える橋だけでも14橋を数えます。そのなかの一つである上吉野川橋をここで採り上げます。主要県道本川～大杉線の付け替え工事に伴って早明浦ダム堰堤から約1.7km上流に架けられた上吉野川橋は、昭和44年(1969)に上部工に着手し、46年3月に完成しました。橋長321.36mの上吉野川橋は吊り橋としては、当時わが国では若戸大橋(1965年完成・福岡県北九州市・若松区～戸畑区間)に次ぐ規模で、特に平行線ケーブル(撚りをかけず、束ねたケーブル)を使用した吊り橋としては、上吉野川橋完成の3年後に関門橋(日本山口県下関市～福岡県北九州市門司区間)が完成するまでは国内最長でした。

それ以後に造られた大鳴門橋(兵庫県南あわじ市福良丙～徳島県鳴門市鳴門町土佐泊浦)など平行線ケーブルによる長大吊り橋の先駆となった上吉野川橋は、当時着工が迫っていた本州四国連絡橋の建設に備えたテストケースとして、施工上、様々な試み



上吉野川橋。幅員6m、橋長321.36m

が盛り込まれました。吊り橋架設用の空中足場であるキャットウォークを構成するケーブルの張り方に、橋の上・下流側で異なる方式を採用。足場としての使い勝手などが比較されました。

一方、メインケーブルの架設方法には、上流側に素線4本ずつを滑車で往復しながら送るAS工法(エアースピニング工法)を、下流側には素線102本を工場で束ねて1ストランド(つな)とし、これを現場で14本架けるPWS工法(プレハブ・パラレル・ワイヤ・ストランド工法)が採用されました。両工法ともケーブルはキャットウォーク上を往復する駆動装置によって引き出されていきますが、PWS工法の2ストランド(素線204本)分の架設に対して、AS工法では滑車が51往復(4本×51=204本)します。こうした異なる工法を上・下流で採用し、2つの工法の施工性、経済性の比較検討などが行われました。

堤体の「健康診断」

早明浦ダムは、上下4段、総延長1400mに及ぶ監査廊が設置されています。監査廊にはさまざまな堤体観測の計器が設置され、漏水量のほか、堤体の鉛直方向の傾きや水平方向の移動量などは数mm単位の変化を計測しています。漏水の全量は季節によって変動します。通常1分間に十数リットルの漏水があり、120万 m^3 の体積を持つダムとしては少ないほうだそうです。ダムは水位が上がる5～6月にはこれが30～40リットル程度に増えることもあるそうです。漏水量はダムの貯水位、気温による堤体の膨張、収縮などの条件により増減します。早明浦ダムはもとよりいずれのダムにおいても、平常時とは異なる漏水を警戒し、巨大なコンクリート



ブラムライン (ダム変位量測定器)



早明浦ダム堤体。堰堤の頂上部に洪水吐き用の6門のローラーゲート、最上部にはローラーゲートを巻き上げる昇降タワーが見えます。中間にある2つの孔は、利水用の放水口ですが、通常、堤体の向かって右下方に見える発電所を経由して放水されるので、ほとんど使われません。

構造物に起こる異変を見逃さないよう、漏水量が毎年、季節によって同じような傾向で推移しているか否かを日夜チェックしています。

早明浦ダム建設の結実

綿密な現地岩盤せん断試験に基づき、岩盤の力学特性を把握してこれをダム本体形状決定の基本量とし、岩盤の力学特性をカバーする観点からダム本体の基本形状を決定したという、早明浦ダムにおける設計方法論が、その後続く重力式コンクリートダム設計の主流となったとされます(『早明浦ダム工事誌』より)。また、日本初の大径径の採用や、平行線ケーブルによる長大吊り橋の開発などの技術的挑戦もありました。

早明浦ダムは昭和38年(1963)に建設省(当時)により事業開始され、42年に水資源開発公団(当時)が事業継承し、50年3月に竣工、同年4月に管理開始されましたが、同年と翌年の台風により追加工事が必要となり、54年3月にそのすべてが完了しました。

【参考文献】

- 『早明浦ダム工事誌』 水資源開発公団池田総合管理所(編) 水資源開発公団池田総合管理所発行 1979年
- 『水登ともに』水資源協会発行 1972年11月、12月
- 『開発往来』開発行政懇話会発行 1973年7月