益田川ダムにおける排砂施設の設計と施工

島根県土木部河川課河川開発室　中村壽浩

キーワード：治水専用ダム　自然排砂

１．はじめに

益田川ダムは、島根県西部の二級河川益田川中流の益田市久々茂町地先に建設された治水専用ダムで、堤高48.0m、堤頂長169.0m、総貯水容量6,750,000m3、有効貯水量6,500,000m3の重力式コンクリートダムである。

益田川ダムは、昭和47年災害を契機に事業を進めていたが、過去最大の「昭和58年7月豪雨災害」により計画を見直し、洪水調節容量の増加が必要となった。

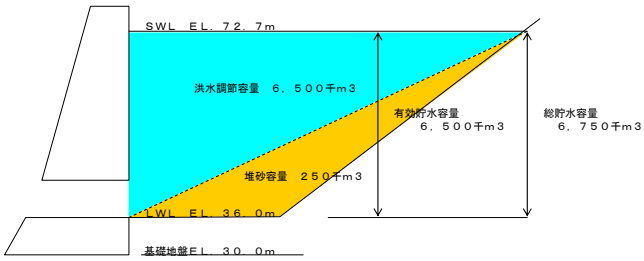
図-1 ダムの位置図

しかし、ダム上流に位置する美都町朝倉地区の水没回避等の理由からダム高が制約を受け、洪水調節、不特定、堆砂の各容量を全量確保することが困難な状況となった。

そのため、不特定容量をダム上流の支川波田川にある笹倉ダムの再開発で確保し、益田川ダムを治水専用ダムとして計画を見直した。

これにより益田川ダムは、排砂門（自然排砂）を兼用した常用洪水吐きを河床標高付近に2門設置し、洪水放流とともに排砂することで堆砂容量を減らし、洪水調節と堆砂容量を確保する計画とした。

図－２に貯水池容量配分図及び図－３にダムの諸元を示す。



※益田川ダムの堆砂形状は河床変動解析により求めている。

図-2 貯水池容量配分図

ダムの諸元		貯水池の諸元	
形式	重力式ｺﾝｸﾘｰﾄﾀﾞﾑ	集水面積	87.6km2
堤高	48.0m	総貯水容量	6,750,000m3
堤頂長	169.0m	有効貯水容量	6,500,000m3
堤体積	106,400m3	洪水調節容量	6,500,000m3
常用洪水吐	一面ベルマウス B4.45m×H3.4m×2門	不特定容量	－
		堆砂容量	250,000m3
非常用洪水吐	自由越流頂 B11.5m×H3.3m×7門	設計洪水流量	1,580m3/s
		計画高水流量	950m³/s

表-1 ダムの諸元

２．排砂計画

益田川ダムでは、ダムから随時排砂するため、通常の100年堆砂を前提としたダムのように堆砂計画を一義的には定められない。したがって、予め図－３の検討方針を設定し、以下の検討を行った。

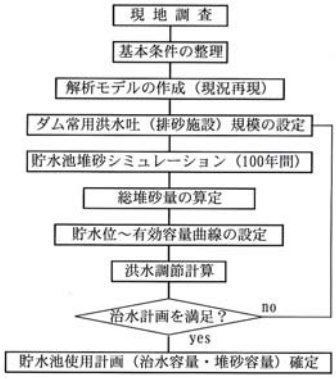


図-3 貯水池使用計画の検討フロー

(1)基本条件の整理

ｉ)土砂粒径

流水の掃流力で移動を繰り返す土砂は、河床勾配、川幅などにより異なる粒度分布を示す。

このため、益田川ダム上流河道で代表15地点の土砂を採取し、粒度試験の結果、益田川本川＝27mm、波田川＝22mmの平均粒径を採用した。粒径の違いは地質に起因しており、益田川本川流域には堅硬な火山岩類が分布し大小礫が多いのに対し、波田川流域には風化した花崗岩質が分布し細砂が多くなっているためである。合流後の粒径は、粒度試験値と、本川と波田川の流域面積による粒径の加重平均値で検証し26mmとした。

ⅱ)計画流入土砂量

計画流入土砂量については、益田川流域には流入する土砂を貯留するダムがないため、近傍流域の既設７ダムの実績値を整理した。

さらに、土砂移動に関わる７ダムの流域面積，雨量，流域崩壊度，地形・地質等の各因子と比堆砂量との相関式を作成し、この中から高い相関性を示した流域面積と比堆砂量、年雨量と比堆砂量の各相関式による値と、田中などの経験式による値から、260m3/km2/年を採用した。

これにより益田川ダムの計画流入土砂量は230万m3となるが、上流にある不特定用水を補給する笹倉ダムにおいて、笹倉ダム流域分の35万m3が貯留されることから、残りの195万m3を計画流入土砂量と設定した。

ⅲ)洪水波形

堆砂計画の対象期間である100年間の流況については、昭和54～63年の10ケ年間の観測流況を対象に、代表断面で代表粒径土砂が、概ね移動し始める流量以上の26洪水を抽出し、これを10回繰り返すこと（10年間×10回）で作成し、これを後述の解析モデルの洪水波形とした。上記代表断面に関しては、貯水池上流において経年

的に断面変化が少なく、上流からの土砂供給量と下流への土砂流下量が平衡した区間で選定した。

(2)解析モデルの作成（現況再現）

解析モデルは、ダム上流を本川と波田川に分け、50～100m ピッチの現況横断面による直線河道とした。また、両河川の上流端断面において下記流砂量式による流量～土砂量曲線を作成し、これにより洪水波形の当該流量に対する土砂量を上流端から逐次供給し、河道、貯水池の水理計算と合わせて土砂移動現象を追跡するモデルとした。

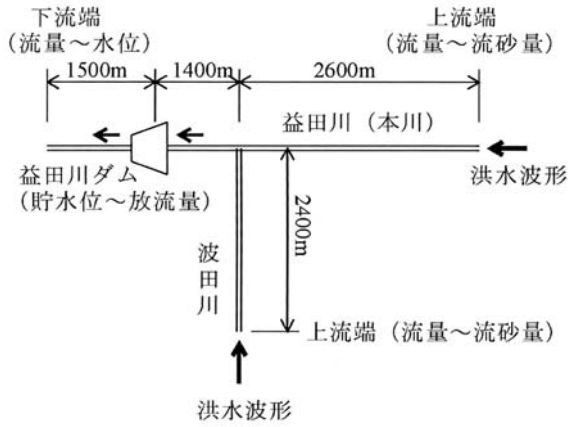


図-4 解析モデルの概要

解析に使用する流砂量式に関しては、掃流砂量を推定する種々の式の中から、代表的な芦田・道上式，ブラウン式，土研式を抽出して、益田川への適合性を下記のとおり検証し選定することとした。

①安定河道の再現性による検証

ダムや堰が少ない現況の益田川を安定河道と考え、現況から 100 年間の河床変動解析を各式ごとに行い、安定河道の再現を検証した。結果は、芦田・道上式，ブラウン式では掃流力が大きく、河川勾配の変化点などで局所的な堆砂と洗掘がみられたのに対して、土研式では現況の安定河道を概ね再現できた。

②実績洪水～計画流入土砂量との適合性による検証

益田川で実際に発生した前記 26 洪水波形を用い、上流端断面からの各式の総流入土砂量と、計画土砂量を比較検証した。結果は表－２のとおりで、土研式は 270m3/km2/年と計画値に概ね整合したが、他の２式では過剰供給となった。

	計画値	芦田道上	ブラウン	土　研
総土砂量（万m^3/10年）	23	75	90	24
比土砂量（m^3/km^2/10年）	260	850	1,020	270

表-2 計画流入土砂量との適合性検証

③近傍ダム堆砂実績確率分布による検証

②で算出した各式の毎年総土砂量の確率分布と、地質・地形等で益田川ダムに類似している近傍の浜田ダム、木都賀ダムの年間堆砂量の確率分布を比較した。結果は、図－５のとおりで、土研式が両ダムの分布に最も近似することが判った。

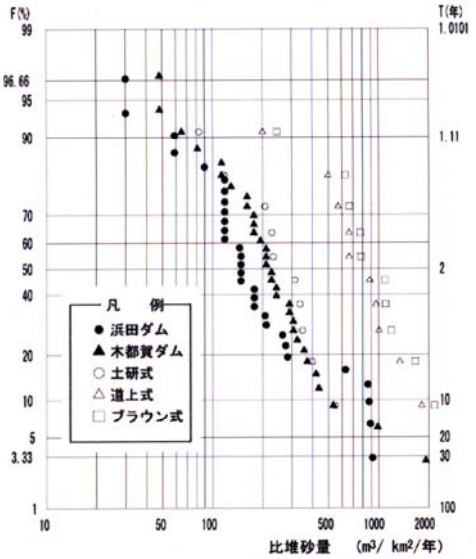


図-5 堆砂実績確率分布による検証

以上①～③より、益田川に最も適合した土研式を採用した。

(3)自然排砂による計画堆砂量の決定(貯水池堆砂シミュレーション)

前項までに述べた条件と解析モデルによる 100 年間のシミュレーションを実施した。その結果、計画流入土砂量 195 万 m3（上流笹倉ダム堆砂分を除いた値）のうち約 171 万 m3 がダムから排砂され、貯水池には 24 万 m3 が堆砂した。

さらに、現象面で危険な状況として、最大堆砂 24 万 m3 の発生直後に計画洪水が流入したと想定し、シミュレーションを実施した。結果は、洪水中に最大約 1 万 m3 の堆砂が発生し、この増分も含め堆砂容量 25 万 m3 を計画値とした。

併せて、25 万 m3 の堆砂形状の貯水位～有効容量曲線で洪水調節計算を行い、ダム地点において基本高水流量 950 m3/s を 380m3/s 調節し、570m3/s(最大 640m3/s)放流する洪水調節容量 650 万 m3 を確定した。

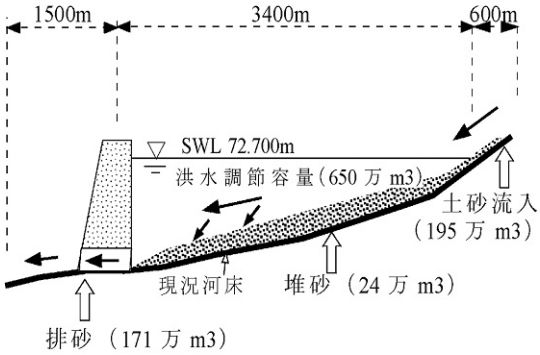


図-6 貯水池土砂収支（100 年間）

３．排砂機能

(1)排砂機能

洪水時に流入する土砂は、洪水の初期及び末期の掃流力により，常用洪水吐きから下流河道へ自然排砂させる計画としている。図－７に排砂イメージを示す。

このため、貯水池へ流入する土砂をダム下流に排砂できる構造として、河床標高に常用洪水吐きを設置した。

常用洪水吐きは、洪水調節機能(自然調節方式)と排砂機能を兼用する一面ベルマウスで、形状は水理模型実験により高さ 3.4m×幅 4.45m×2 門とした。

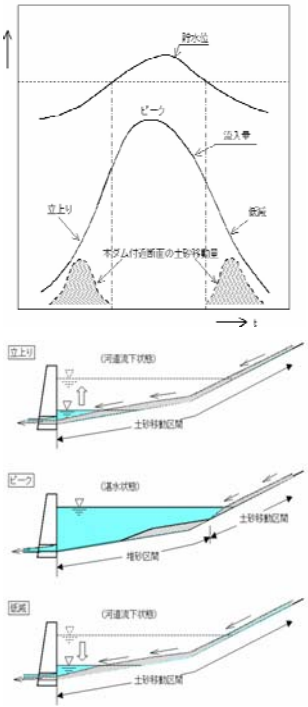


図-7 排砂イメージ図

また、減勢工は、通常の減勢機能だけでなく、常用洪水吐きから流入してきた土砂をすみやかに下流に排砂させる機能も必要とされる。

すなわち、流水を減勢させて安定した流況を確保するための減勢工と、洪水と同時に流下してきた土砂を減勢池内に滞留させることなく、効果的に下流へ排砂させることが要求される。

これは､互いに要求する機能が相反することになるが、基本的には対象とする洪水流量を適正に減勢させる規模を確保することが前提になる。

したがって、この形状をもとに減勢池内の土砂を速やかに、かつ効果的にフラッシュさせる形状を排砂実験により求めた。

(2)排砂実験

排砂実験は、減勢池内に常用洪水吐きの敷高標高まで砂を敷きつめ、上流から洪水が流入したケース（小洪水から計画規模まで）を想定して行った。

当初案は、排砂効果が高いと考えられた歯形シル型の減勢池方式を採用し、減勢工幅を川幅相当の 40m としていたが、流水の勢いが衰えず常時回流する流況が観察された。

このため、減勢効果をあげるため歯形シルを副ダム方式に変更し、そこへスリットを幅 1.0m×2 条設置し排砂効果も高めるようにした。加えて、減勢工幅を 30m まで縮小して実験を行ったところ、減勢工効果が向上したと同時に、回流もなくなった。

なお、堆積した土砂が減勢効果を損なうほどの流況の変化を生じさせることはなかった。

４．洪水吐きの摩耗対策（ライニング）

(1)ライニングの必要性

常用洪水吐きは、高圧放流管（最大水深約 40m、流速約 20m/s）であるのでキャビテーションによる損傷防止対策が必要なこと及び排砂機能を有するダムであるので流砂や流木による磨耗対策が必要なこと等から、鋼板や高強度コンクリートによるライニングを施工することとした。

(2)ライニングの範囲

益田川ダムの上流に農地防災ダムが３ダムあり、河床付近に洪水吐（排砂設備）を有しているので、排砂の現状を調査するとともに水理模型実験結果を参考にしてライニングの範囲をダム上流面、常用洪水吐及び減勢工（減勢池、副ダム、副ダム下流）とした。

(3)使用材料

ライニング使用材料は、益田川ダムへの適用性を比較検討し、高強度コンクリートとステンレス鋼（SUS304）を採用した。

(4)使用材料の厚さ

ライニング使用材料の厚さは、高強度コンクリート部とステンレス鋼（SUS304）部で次のように設定した。

ｉ)高強度コンクリート

高強度コンクリートの磨耗量は、コンクリートの圧縮強度とスリヘリ係数との関係からコンクリートの圧縮強度が 50N/mm2 とし、0.5mに決定した。

ⅱ)ステンレス鋼(SUS304)

・放流管部の材厚は、内圧で算出された材厚と摩耗しろを確保し４０mmとした。

・放流管部以外の部分（副ダムスリット部及び副ダム天端を含む）の材厚は、ライニング底面とコンクリートの

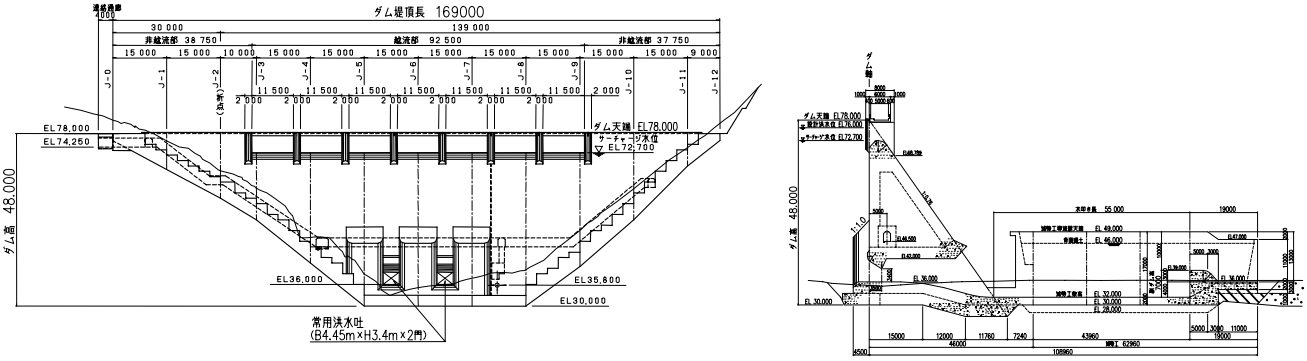


図-8 常用洪水吐の配置及び構造

隙間に充填するグラウチング注入圧を考慮して 19 ㎜に決定した。

５．常用洪水吐きの施工

常用洪水吐きの施工は、ダム本体のコンクリート打設に合わせ、据付架台設置→管体組立→現場溶接→表面仕上げ→コンクリート打設→モルタル注入→セメントミルク注入の順に行った。

管体周辺部は高流動コンクリートで打設したが、ライニング底面と打設面とに生じた隙間は、あらかじめ設置したグラウト配管により、モルタル及びセメントミルクを規定圧で注入し閉塞した。

写真-1 ライニング据付状況

写真-2 ライニング据付状況　常用洪水吐き（写真右：完成後）

６．現在の状況と今後の課題

益田川ダムは、常用洪水吐きを河床に設置しており、洪水時には、その放流特性のみで自然調節を行い、流入土砂も洪水とともに流下させる排砂を前提にした治水専用ダムの先駆けとして平成 18 年 3 月に完成した。

また、平常時は流水を貯水しないため、貯水池内植生が保持でき、また常用洪水吐きを通して魚介類の遡上が可能であることから自然にやさしいダムといえる。

今後、洪水調節や排砂機能の検証、貯水池内植生や魚介類の遡上など生態系に関するモニタリングを継続して行い、当ダムの適切な管理はもとより、後発ダムへの活用を図っていきたいと考えている。

試験湛水時（サーチャージ水位到達）の状況
（H17.12.7）（上：下流面、下：全景）

現在の状況（H18.10.12）（左：全景、中：下流面、右：上流面）