

鹿野川ダムトンネル洪水吐 放流設備の概要及び運用方法について

山鳥坂ダム工事事務所	事業計画課	西内 佑輝大
	企画部	施工企画課 施工係長 高田 政則
山鳥坂ダム工事事務所	事業計画課	計画係長 上田 径

鹿野川ダムでは、治水機能の増強及び河川環境の改善を目的として改造事業を進めているところである。本稿は、治水機能増強を目的とするトンネル洪水吐の放流設備について、その概要と今後の運用方法について報告を行うものである。

キーワード ダム改造事業 トンネル洪水吐 放流設備

1. はじめに

(1) 鹿野川ダム及び肱川流域の概要

鹿野川ダムは、愛媛県西南部を流れる一級河川・肱川の河口から上流約41kmに位置する重力式コンクリートダムである(図-1)。

肱川は、流域面積1,210km²、幹川流路延長103kmの県下最大の河川であり、鹿野川ダムは、肱川総合開発事業の一環として、肱川水系の洪水調節及び水力発電を目的として昭和34年3月に建設された。

肱川流域は、中流部の大洲盆地に支川が集中していて、河床勾配が緩く、また、河口付近の川幅が狭いため、洪水被害が発生し易い特徴を有する。

近年では、平成7年の洪水被害により河川激甚災害対策特別緊急事業が採択されたほか、平成16年、17年、23年にも大規模な洪水被害が発生した。他方、平成21年には河川環境及び利水に影響を及ぼす記録的な渇水に見舞われた。

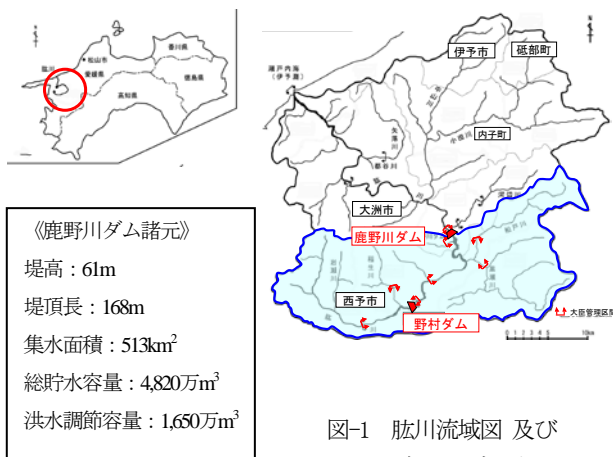


図-1 肱川流域図及び
鹿野川ダム諸元

(2) 鹿野川ダム改造事業の概要

鹿野川ダムでは、肱川水系河川整備計画に基づき、治水機能の増強及び河川環境の改善を目的に改造事業（貯水容量配分の再編）が進められている(図-2)。

河川環境の改善を目的に設置する低水放流設備が平成26年に、選択取水設備が平成28年に完成している。治水機能の増強を目的とするトンネル洪水吐については、吐ロゲート設備が平成29年9月に、呑ロゲート設備が平成30年7月に完成し、現在呑口部の流入水路及び吐口部の減勢工の施工を行っている。



図-2 鹿野川ダム改造事業完成後イメージ

2. トンネル洪水吐機械設備の概要

(1) トンネル洪水吐の概要

a) 目的

鹿野川ダムの貯水容量配分の再編は、発電容量、死水容量を廃止し、一部を洪水調節容量に振り替え、併せて洪水調節の開始水位を低下させることにより洪水調節容量を現在の約1.4倍に増強させるものである(図-3)。しかしながら、既設放流設備であるクレストゲート(敷高EL. 76.0m)では、予備放流水位(EL. 76.3m)において予備放流量600m³/sを放流するこ

とができないため、洪水調節容量を適切に確保することを目的にトンネル洪水吐を設置する。

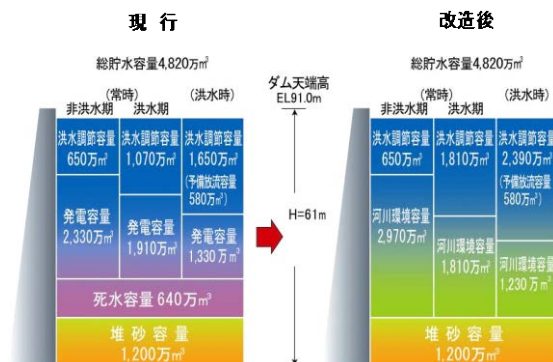


図-3 貯水容量配分図

b) 概要

トンネル洪水吐は、鹿野川ダムの右岸側に構築する、トンネル部延長約457m、トンネル内径11.5m、放流量最大1,000m³/sの放水トンネルである。なお、下流河川整備が整う迄は、放流量は約600m³/sとする。

トンネル断面積は、高圧の洪水吐としては国内最大級である。放流設備は、呑口部に呑口ゲート設備として1門、吐口部に吐口ゲート設備として主ゲート及び副ゲートを各2門配置する(図-4)。

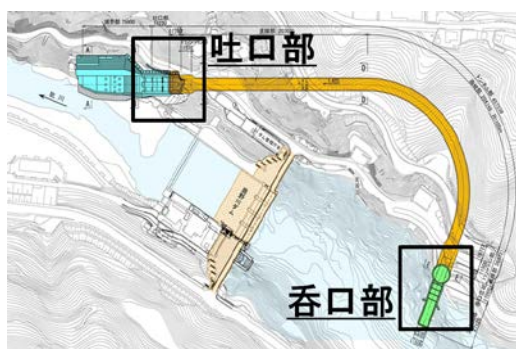


図-4 トンネル洪水吐平面図

また、平常時はトンネル内を無水状態とする「ドライ管理」で運用する。この理由は、大規模地震発生時におけるトンネル内貯留水の挙動が不明確で、その際の動水圧がトンネル本体及び主ゲートに対してどのように悪影響を及ぼすのか解明されていないためである。

(2) ゲート設備の概要

a) 呑口ゲート設備

呑口ゲート設備は、吐口ゲート設備を含めたトンネル洪水吐の点検や補修などの維持管理及びドライ管理を実施するために設置する。

呑口ゲート1門、門構1基、トランジション管1条、ベルマウス管1条等で構成される。最上流に呑口ゲート(扉体)が配置され、トンネルへの流水を安定的に供給するため、ベルマウス管、管路形状を矩形より円形に変化させるトランジション管が配置される。また、扉体の維持管理のため、扉体上方に門構を設

置し、その横に配置する開閉装置により開閉操作を行う構造とする(図-5)。

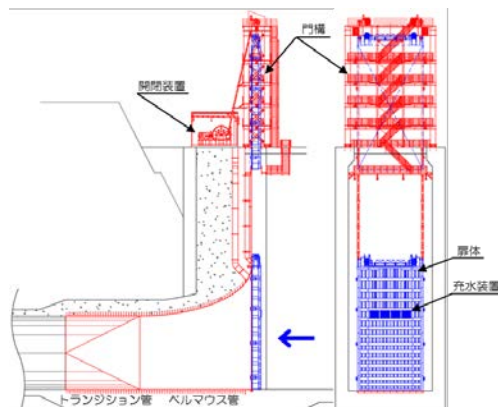


図-5 呑口ゲート設備一般図

ゲート形式は、国内最大級の高圧スライドゲートである。呑口ゲートの操作方式は、ゲート上流側・下流側の水圧を同等にして操作する水圧バランス方式であり、放流時などの開操作前にはトンネル内を充水する必要があるため、扉体の中央部に充水装置を装備する(写真-1)。トンネル内が充水された後に開操作を行い、全開とした後放流を開始する。

呑口ゲート設備は、トンネル洪水吐設備を使用しない平常時は扉体を全閉させ、トンネル内に水を入れない状態(ドライ管理)で運用する。

【呑口ゲート設備諸元】

型 式：高圧スライドゲート
純 径 間：9.000m
有 効 高：19.170m
設 計 水 深：36.600m
水 密 方 式：ゴム水密
開 閉 方 式：電動ワイヤーロープウインチ式



写真-1 呑口ゲート設備(扉体) (工場仮組立時)

b) 吐口ゲート設備

吐口ゲート設備は、トンネル洪水吐の放流量の調節を実施するために設置する。

主ゲート2門、副ゲート2門、ベルマウス管2条、分岐管1条、トランジション管1条等で構成される。上流側からトンネル断面を円形から矩形に変化させるトランジション管、その断面を分岐管により2条に分岐し、副ゲート及び主ゲートをそれぞれ2門設置する(図-6)。

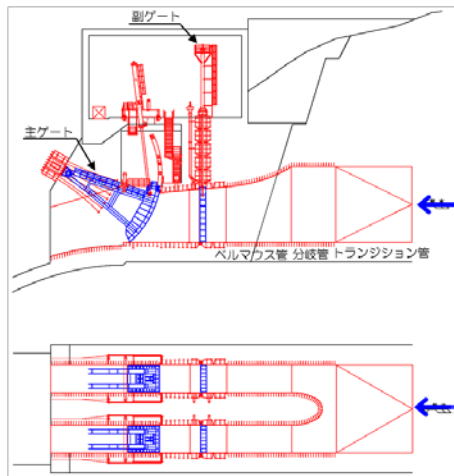


図-6 吐ロゲート設備一般図

主ゲートは、揺動式油圧シリンダー開閉方式の国内最大級の高压ラジアルゲートで、トンネル洪水吐の放流量の調節を行う(写真-2)。本形式は大規模ゲート設備に多く採用されているゲート形式である。

副ゲートは、直動式油圧シリンダー開閉方式の国内最大級のボンネット型高压スライドゲートである。

主ゲートは、洪水時に流量調節を行い、平常時は全閉とする。また、副ゲートは、主ゲート水密部の損傷等による漏水発生時に漏水を遮断することが可能であり、平常時は全開とする。

【主ゲート設備諸元】

型 式：高压ラジアルゲート
純 径 間：4.200m
有 効 高：7.500m
扉体半径：14.000m
設 計 水 深：42.600m
水 密 方 式：不連続式ゴム水密

【副ゲート設備諸元】

型 式：高压スライドゲート
純 径 間：4.200m
有 効 高：8.132m
水 密 方 式：金属水密



写真-2 吐ロゲート設備（下流側より撮影）

(3) ゲート設備工事の概要

本工事は、既設ダムを運用しながら、国内最大級のゲート設備をトンネル内や立坑内の限られた狭所の空間内で据付施工を行うもので、既に施工済みの

土木施設との整合を行うなど難易度の高い工事であった。特に、狭所での据付であることから、ゲート本体の3DCADによる厳しい精度管理及びトンネル内へ複数の油圧ジャッキの同期を取りながら行う放流管横引き作業は、慎重かつ細心の注意を払いつつ実施した(写真-3)。



写真-3 トランジション管横引き作業（呑口部）

3. 高水放流に係る運用方法の検討

鹿野川ダムでは、今回増設するトンネル洪水吐の流量調節を行う主ゲート2門及び既設設備のクレストゲート4門の合計6門で高水放流を行う。

そこで、トンネル洪水吐の単独放流とトンネル洪水吐・既設クレストゲートの併用放流について、その放流方法の違いが下流河道の河床変動に及ぼす影響を考慮した上で効率的なゲート操作を行うための検討を行った。

(1) 水理模型実験による下流河道の河床変動の検討

トンネル洪水吐での放流による下流河道の河床変動、吐口部減勢工での減勢状況及びクレストゲートとの併用放流が下流に与える影響を確認するために水理模型実験（模型縮尺1/40）を行った。

a) トンネル洪水吐単独放流（予備放流）検討

トンネル洪水吐単独放流（予備放流量600m³/s）時の河床洗掘状況を確認した（写真-4）。



写真-4 放流状況(600m³/s)（トンネル洪水吐単独）

トンネル洪水吐の減勢工下流の左岸側が洗掘されるが、影響は小さいことが確認された（図-7、8）。

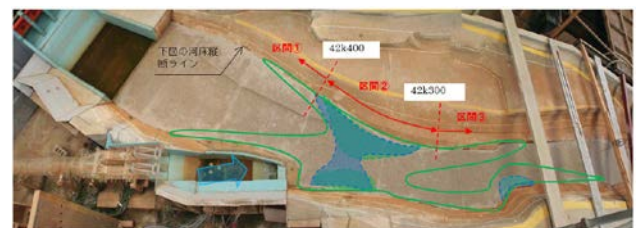


図-7 放流量600m³/s(トンネル洪水吐単独) 洗掘状況

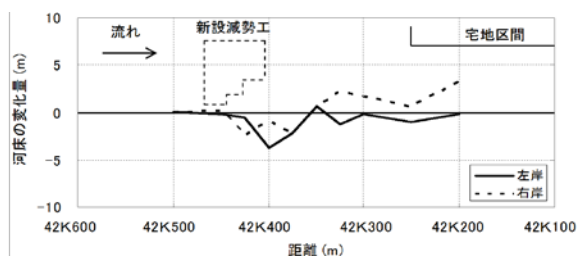


図-8 放流量600m³/s（トンネル洪水吐単独）洗掘深さ

b) 併用放流比較検討

トンネル洪水吐単独放流（放流量1,000m³/s）の場合及びトンネル洪水吐・既設クレストゲートの併用放流（放流量1,730m³/s（トンネル洪水吐:432m³/s+既設クレストゲート:1,298m³/s））の2ケースについて、24時間実験を実施した時の河川洗掘状況を確認した。

トンネル洪水吐単独放流の場合の河川洗掘状況（図-9、10）と比較して、トンネル洪水吐・既設クレストゲート併用放流の場合（図-11、12）の方が、河床洗掘の緩和効果が認められた。

以上より、併用放流時の方が下流河道の河床変動の影響が小さいことが確認された。

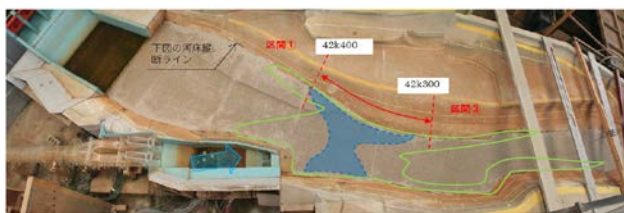


図-9 放流量1,000m³/s（トンネル洪水吐単独）放流洗掘状況

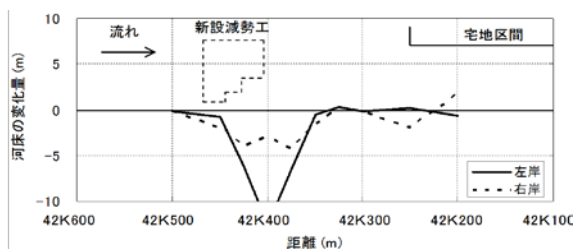


図-10 放流量1,000m³/s（トンネル洪水吐単独）放流洗掘深さ



図-11 放流量1,730m³/s併用放流洗掘状況

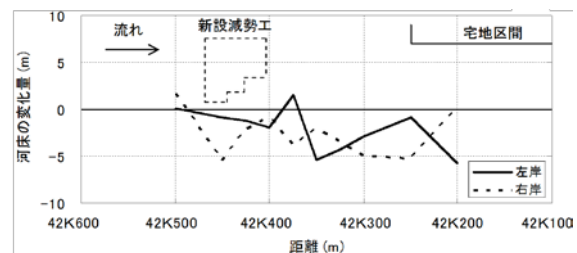


図-12 放流量1,730m³/s併用放流洗掘深さ

(2) 放流方法の検討

ゲート操作時運用方法として、クレストゲート優先放流とトンネル洪水吐優先放流の2案について、安全面、管理面、環境面の3つの観点から検討を行った。

a) 安全面（制御性の高い流量制御）

クレストゲート優先放流とトンネル洪水吐優先放流は、両案とも制御性の高い放流が可能であることから、両案の評価に大きな差はない。

b) 管理面（煩雑な操作の回避）

トンネル洪水吐は、クレストゲートより操作門数が少ないため、流量制御の追従性及び煩雑な操作の回避などで有利である。

c) 環境面（冷濁水放流の緩和）

トンネル洪水吐優先放流では、冷水放流が懸念されるが、曝気循環装置の効果で水温差は緩和されていることから、両案の評価に大きな差はない。

(3) 運用方法の選定

(1)及び(2)より、鹿野川ダムにおける最適な運用方法は、ゲート放流開始時の600m³/sまでの予備放流を含めた初期放流をトンネル洪水吐で行い、その後の増加放流をトンネル洪水吐ゲートを開度固定のままで、クレストゲートを用いて放流量を制御するトンネル洪水吐優先放流とした（図-13）。

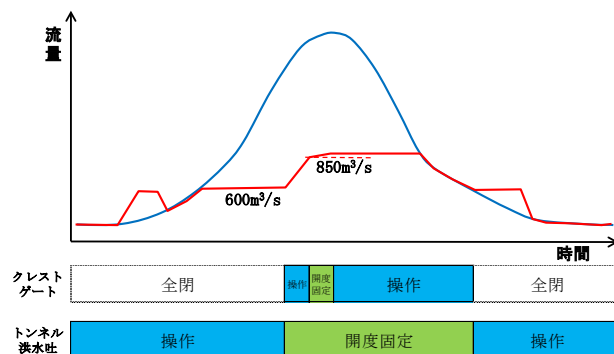


図-13 最適な運用方法

これにより、各ゲート間の切替操作並びにトンネル洪水吐ゲート及びクレストゲートの同時操作が不要になるためスムーズなゲート操作となり、下流河道の河床への影響を緩和させることができる。

また、放流終了時においてはトンネル洪水吐をドライ管理する必要があることから、放流をトンネル洪水吐からクレストゲートに切り換える。その後、呑口ゲートを全閉にして主ゲートを微少開度で開き、トンネル内を排水する。最後にクレストゲートを全閉にして、放流終了となる。

4. 最後に

トンネル洪水吐は平成31年度からの運用を予定している。肱川流域の住民が安心して暮らせるように、より一層の努力をもって、ダムの管理及び運用をしていく所存である。