

大戸川ダム放流設備の配置見直しについて

畑 忠実¹・山下 貴裕²

¹近畿地方整備局 大戸川ダム工事事務所 調査設計課(〒520-2144滋賀県大津市大萱1-19-32)

²株式会社ニュージェック ダムグループ 設計チーム(〒531-0074大阪市北区本庄東2-3-20)

大戸川ダムは、多目的ダムから洪水調節専用ダムへ計画変更したことに伴い、非常用洪水吐きに2門のクレストゲートを有した流水型ダムとして概略検討が進められてきたが、コスト縮減・洪水調節時の操作等の効率化、維持管理の効率化等を念頭に、放流設備の配置見直しを行った結果、非常用洪水吐きの鋼製ゲートを廃して自由越流式とし、河床部に鋼製ゲートを有した常用洪水吐きと、土砂吐きを設けた基本配置案に見直しを行った。その際の着眼点や留意点、今後の更なる合理化に向けた発展案の検討などについて時点報告を行う。

キーワード 流水型ダム、洪水吐き設計、ダム維持管理、排砂設備

1. はじめに

大戸川ダムは、大戸川・宇治川・淀川の洪水防御を目的とし、淀川水系瀬田川支川大戸川（滋賀県大津市上田上桐生町及び牧町地先）に建設する洪水調節専用（流水型）ダムである。現在、堤高67.5m、堤頂長200.0m、洪水調節容量約21,900千 m^3 の重力式コンクリートダム（図-1、図-2）として概略設計を実施している。



図-1 大戸川ダム位置図

当初、大戸川ダムは多目的（貯留型）ダムとして計画されていたが、2008年度に策定された淀川水系河川整備計画では、「利水の撤退等に伴い、洪水調節目的専用の流水型ダムとするが、ダム本体工事については、中・上流部の河川改修の進捗状況とその影響を検証しながら実施時期を検討する。また、これまで進捗してきた準備工事である県道大津信楽線の付替工事については、交通機能を確保できる必要最小限のルートとなるよう見直しを行うなど徹底的にコストを縮減した上で継続して実施する。」と位置付けられ、付替県道工事のみを継続し（2023年3月完成）、ダム本体工事の実施に向けた調査設計等を実施することはできなかったが、2021年度に変更された淀川水系河川整備計画では、「環境影響をできる限り回避・低減するための環境調査を含め、必要な調査等を行ったうえで本体工事を実施する。事業の実施にあたっては、コスト縮減や負担の平準化に努める。」と位置付けられ、2022年度よりダム本体工事の実施に向け、本格的な調査設計等を開始したところである。



図-2 大戸川ダム貯水池容量配分図

2. 当初計画における放流設備配置

(1) 施設配置概要

当初計画における洪水吐きはそれぞれ以下の配置としていた。

a) 排砂設備

流水型ダムである大戸川ダムでは、排砂設備を設けることで、貯水池内へ流入する土砂を下流に排砂し、土砂の上下流の連続性を確保することとしている。排砂設備の敷高は河床標高相当とし、常用洪水吐きのメンテナンスをドライ状態で行うことができるように規模を決定している。また、ゲートの操作は、常時は全開とし、洪水調節開始前に全閉することを想定している。

b) 常用洪水吐き

常用洪水吐きの敷高については、摩耗に影響する掃流砂の流入が生じないよう排砂設備より3m高い位置に1門配置している。3m高標高部に配置することで、常用洪水吐き敷高時の排砂設備の放流量は約25m³/sとなり、これは流況でみると年間上位20位程度までの洪水をカバーでき、常用洪水吐きのメンテナンスをドライで行うことが可能な敷高としている。

また、大戸川ダムの洪水調節方式は280m³/s一定放流であることから流量制御が必要となり、常用洪水吐きもゲート設備を設けることとなる。

c) 非常用洪水吐き

越流部の形状は、減勢工と等幅型の導流壁を前提として、設計洪水位 (HWL.250.9m) 時にダム設計洪水流量 2,100m³/sを常用洪水吐きと合わせて放流可能となるように、非常用洪水吐きの敷高はEL.241.4mとしている。また、サーチャージ水位がSWL.250.3m(当初) であることから、クレストゲートを2門配置している。

表-1 当初計画における洪水吐き諸元

	常用洪水吐き	非常用洪水吐き	排砂設備
幅 B(m)×高さ H(m)	4.0m×4.0m	15.0m×10.35m	2.0m×2.0m
敷高 (EL.m)	EL.194.0m	EL.241.4m	EL.191.0m
門数	1門	2門	1門
ゲート有無	有り	有り	有り

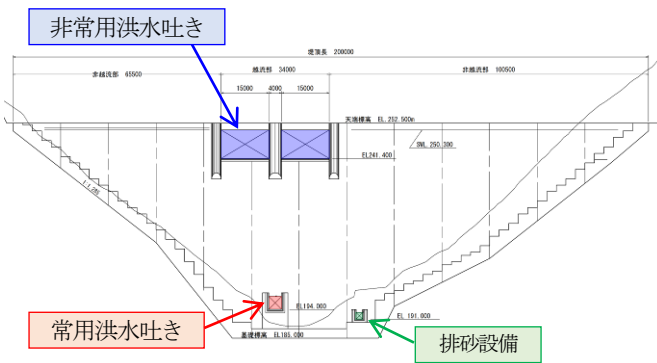


図-3 当初計画における洪水吐き配置(上流面図)

(2) 当初計画における課題と配置見直し検討方針

当初計画における洪水吐き配置に対しては、以下の課題や改善点の余地が考えられた。

a) 課題1：無効貯留による影響

大戸川ダムの洪水調節方式は 280m³/s 一定放流、洪水調節容量 21,900 千 m³ となっている。しかし、大戸川ダムは流水型ダムであり、常時満水位は河床部付近となることから、貯水位が低い洪水初期においては、洪水調節開始流量である 280m³/s に到達するまでの間(最大で洪水吐きの放流能力が 280m³/s とする水位まで) 無効貯留が生じることとなる(図-4、図-5 参照)。そのため、実際には無効貯留を考慮したサーチャージ水位の設定を行う必要があるが、初期放流能力を増加させておくことで、無効貯留量を小さく抑えることができる。

b) 課題2：非常用洪水吐きのゲートレス化

当初計画における非常用洪水吐きは、B15.0m×H9.5mのクレストゲートを2門有しているが、通常の洪水調節は河床部付近に設けられた常用洪水吐きにより行われる。そのため、クレストゲートは扉体面積が大きく設備費が高価であるにも関わらず、使用するのは異常洪水時防災操作時のみであり、使用頻度を考慮すると建設費・維持管理費あるいは操作面において非常用洪水吐きをゲートレス構造とする方が有利である。

c) 洪水吐き配置の検討方針

上記課題を踏まえ、洪水吐き配置を複数ケース検討し、非常用洪水吐きのゲートレス化の可能性について検討するとともに、非常用洪水吐きをゲート構造とした場合(当初計画)とゲートレス構造とした場合の比較検討により、より適した洪水吐き配置を決定することとした。

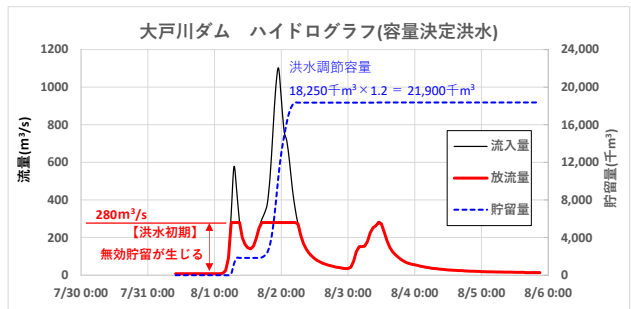


図-4 大戸川ダム洪水調節計画図(容量決定洪水)

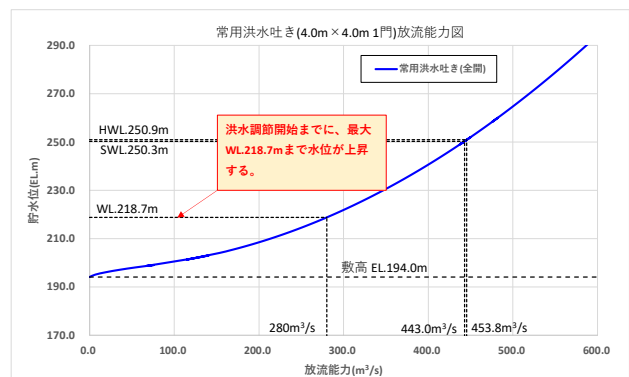


図-5 大戸川ダム洪水調節計画図(容量決定洪水)

3. 洪水吐き配置・構造の見直し

(1) 検討概要

図-6に検討フローと検討結果の概要を示す。本検討では、まず当初計画をベースに、常用洪水吐きの規模・門数を変更させながら、非常用洪水吐きをゲートレス構造とするために必要な常用洪水吐き規模を検討した。検討の結果、非常用洪水吐きをゲートレス化するためには常用洪水吐き規模を5.0m×5.0m×2門とする必要があることが明らかとなった(ケース4)。

また、上記検討結果より当初計画とケース4の比較検討を行った結果、経済性や操作性・安全性等の観点よりケース4を採用した。次節以降に各検討結果を示す。

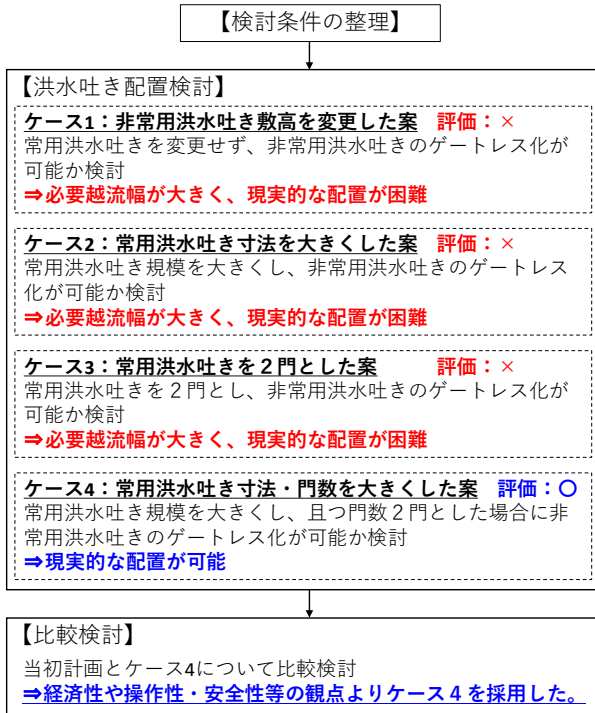


図-6 洪水吐き配置・構造の見直し検討フロー及び結果の概要

(2) 検討条件

洪水吐きの配置・構造の見直しにあたっては、以下の条件を考慮して検討した。

a) 排砂設備のゲート操作

河川砂防技術基準より、排砂設備は土砂によるゲート等の損傷が考えられるため、ゲート操作は全閉・全開操作を基本とした。一定量放流方式を採用する大戸川ダムではゲート開度調節が必要となることから、当初計画と同様に、土砂流下専用の排砂設備を河床付近に設け、土砂の影響のない位置に常用洪水吐きと機能分担させることとした。

b) ダム天端標高

大戸川ダムでは、当初計画に基づき付替道路を先行施工し、2023年3月に大津信楽線が開通した。そのため、ダム天端標高は当初計画である EL.252.5m より高く変更することが出来ず、河川管理施設等構造令に基づく非越

流部高さより設計洪水水位に関しても HWL.250.9m より高標高側に変更することはできない。

(3) 非常用洪水吐きゲートレス案(ケース4)の概要

非常用洪水吐きのゲートレス化を目的として洪水吐き配置を複数ケース検討した。ここでは、後述する比較検討対象として採用したケース4の概要を示す。

a) 常用洪水吐き配置

ケース4では、常用洪水吐きの規模を B5.0m×H5.0m とし、且つ門数を2門とした。図-7に常用洪水吐き放流能力図を示す。常用洪水吐きの放流能力はダム設計洪水水位 HWL.250.9m 時において約 1,400m³/s 有している。また、常用洪水吐きの放流能力が大きくなったことにより、無効貯留が生じ得る水位は WL.198.8m と当初計画と比べて小さくなり、それに伴い、洪水調節容量 21,900 千 m³ 確保可能な水位として定まるサーチャージ水位も SWL.249.2m と低くなる。

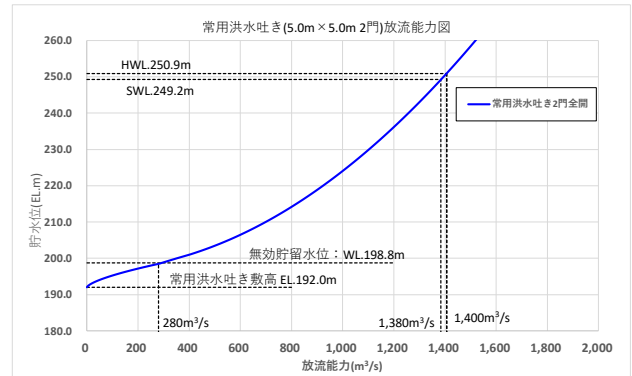


図-7 常用洪水吐き放流能力図(B5.0m×H5.0m×2門)

b) 非常用洪水吐き配置

非常用洪水吐きの対象流量は、設計洪水流量 2,100m³/s から、HWL.250.9m 時の常用洪水吐きの放流能力を引いた約 700m³/s となる。水理計算の結果、非常用洪水吐き敷高をサーチャージ水位とし、自由越流形式を採用した場合の必要越流幅は約 145m となった。図-8に常用洪水吐きの規模を B5.0m×H5.0m、門数を2門とした場合の洪水吐き配置図を示す。非常用洪水吐きは全面越流に近い状態となるが、クレストゲートは不要となる。

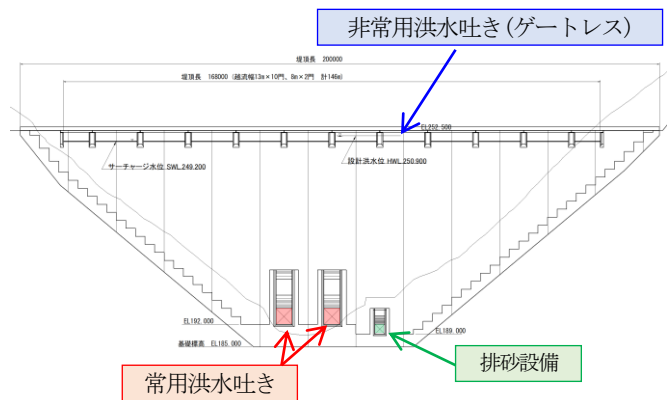


図-8 常用洪水吐き放流能力図(B5.0m×H5.0m×2門)

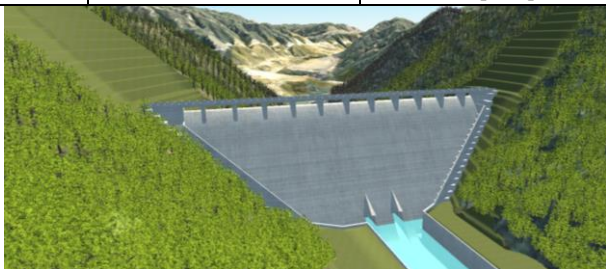
(4) 比較検討

当初計画と非常用洪水吐きをゲートレス化した案(ケース4)について比較検討を行い、より有益と考えられる洪水吐き配置を選定した。表-2に洪水吐き配置の比較表を示す。検討の結果、経済性においては大きな差はないが若干ケース4の方が有利となる結果となった。また、操作面・維持管理面においても非常用洪水吐きをゲートレス化することで簡素化することができるため優位であることが整理できた。

以上より、本検討では、ケース4の洪水吐き配置を採用することとした。

表-2 洪水吐き配置比較表

	当初計画	検討ケース4
概要	常用洪水吐き：1門 非常用洪水吐き：ゲート2門 排砂設備：1門	常用洪水吐き：2門 非常用洪水吐き：ゲートレス 排砂設備：1門
操作性	洪水時：常用1門操作 異常洪水時：常用洪水吐きに加えて非常用洪水吐きを操作する必要がある。	洪水時：常用2門操作 ※初期に1門を閉じることで大部分は1門操作 異常洪水時：常用2門操作
維持管理性	ゲート門数が多く(維持管理性において不利である。	ゲート門数は3門(常用洪水吐き2門、排砂設備1門)であり、扉面積が小規模で済む。
異常洪水時防災操作に対する評価	非常用洪水吐きの操作が必要となる。また、設計洪水位とサーチャージ水位の水位差が0.6mしかなく、ゲート操作遅れによる水位上昇や過放流等の操作リスクがある。	常用洪水吐きの操作のみであり、操作が比較的容易である。また、サーチャージ水位時には常用洪水吐きは全開放流となっており、ゲート操作遅れによる水位上昇リスクは小さい。
流木に対する評価	非常用洪水吐き：貯水位上昇時にはゲート前面に流木が流れ込み、 ゲート操作に支障を及ぼす恐れがある。	非常用洪水吐き：貯水位上昇時にはゲート前面に流木が流れ込むが、ゲートレス構造であるため、 ゲート操作に対するリスクはない。
経済性	・管理橋延長が短い ・常用洪水吐きゲートが小さい ・総額は同等かやや劣る	・クレストゲートが不要 ・減勢工規模が小さく済む ・総額はやや有利
評価		○【採用】



※各種形状は暫定形状であるため留意されたい。

図-9 見直し後の大戸川ダム洪水吐き配置(CIMモデル)

4. 今後の展望

(1) 今後の検討課題

本検討では、経済性に加えて、流水型ダム特有の土砂連続性や流木の堆積・除去方法、大戸川ダム特有の制約条件などに着目して洪水吐きの配置見直しを行った。

今後、以下の検討や配慮を行い、最終的な構造を検討する必要がある。

- ・試験湛水時維持放流設備検討
- ・流木対策工検討(流木捕捉、スクリーン設計等)
- ・摩耗対策検討
- ・魚類の遡上に対する配慮
- ・水理模型実験による土砂挙動・水理状況の確認
- ・放流設備開口部周辺の詳細な構造検討、温度ひび割れ対策
- ・更なる最適化に向けた配置検討(次節参照)

(2) 更なる最適化に向けた配置検討

前節で整理した課題に加え、本検討で採用した洪水吐き配置に対して、今後以下の改善を図り、さらなる合理化・最適化を目指すことを考えている。

a) 景観に配慮した河川の連続性確保

本検討で採用した配置は通常時は排砂設備から水が流れることとなるが、現時点では、排砂設備と減勢工は別系統の水路を想定しており、通常時は減勢工内に水は流れていない状態となる。上記に対して、排砂設備を放流設備の中央部に配置することで、通常時は河川中心部を水が流れるようにし、河川の連続性が確保された印象を確保することが考えられる。

b) 排砂設備の兼用化

国内の流水型ダム事例では、自然調節方式による計画とし、常用洪水吐きはゲートレス構造としている事例が多い(表-3参照)。また、その場合、常用洪水吐き敷高を河床部付近とし排砂機能を兼用化させている。

一方、ゲート操作を伴う流水型ダムの先行事例である足羽川ダムの事例では、常用洪水吐きへの土砂流入が生じ、ゲート戸溝部の目詰まり等により正常に洪水調節が行えないリスクを避けるため、別途、排砂設備(河床部放流設備)を設けている。

また、一定量放流方式である大戸川ダムにおいても、本検討段階では、常用洪水吐きはゲート構造となり、別途、排砂設備(高さ2.0m×幅2.0m(ゲート構造))を設けることとした。(洪水時は排砂設備を全閉とし、常用洪水吐き1門で280m³/s一定放流となるゲート操作を行う。)

上記状況に対し、常用洪水吐きの一部を下段常用洪水吐き・上段常用洪水吐きと敷高を分け、下段常用洪水吐きをゲートレス構造とすることで排砂設備と兼用することが考えられる。ただしこの場合、280m³/s一定放流が行えるよう、下段常用洪水吐きの最大放流量は280m³/s以下とする必要がある。

表-3 流水型ダムの調節方式の事例

ダム名※	事業者	洪水調節方式
益田川ダム	島根県	自然調節方式
辰巳ダム	石川県	自然調節方式
西之谷ダム	鹿児島県	自然調節方式
最上小国ダム	山形県	自然調節方式
浅川ダム	長野県	自然調節方式
玉来ダム	大分県	自然調節方式
立野ダム	九州地方整備局	自然調節方式
三笠ぼんべつダム	北海道開発局	自然調節方式
足羽川ダム	近畿地方整備局	バケットカット方式
大戸川ダム	近畿地方整備局	一定量放流方式

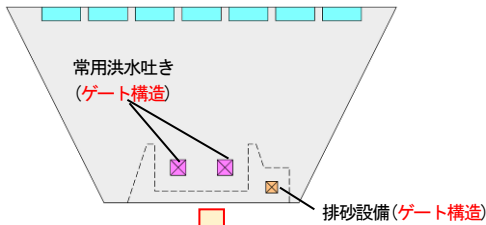
表-4 排砂設備・常用洪水吐き配置比較表

	現案	改善案
概要	常用洪水吐き：2門 排砂設備：1門	常用洪水吐き：3門 (うち、下段1門ゲートレス)
ゲート操作	排砂設備、常用洪水吐きの計 3門のゲート操作を伴う。	計2門のゲート操作となり、 簡素化される。
維持管理性	排砂設備・常用洪水吐き 3門のゲートメンテナンスが 必要となる。	上段常用洪水吐き 2門のゲート メンテナンスのみとなり、 簡略化を図ることが出来る。
景観(河川の連続性確保)に与える影響	通常時は排砂設備から放流されている状態となり、河川の連続性が保たれている印象を与えづらい。	通常時も中央の下段常用洪水吐きから放流されている状態となり、河川の連続性が保たれた印象を与えやすい。
常用洪水吐きへの土砂流入の可能性	洪水時は土砂吐きを全閉する必要があることから洪水時に常用洪水吐き内に摩耗に影響を与える土砂の流入のリスクがある。	洪水時も下段常用洪水吐きから土砂が放流されるため、ゲート操作を伴う上段常用洪水吐きへの土砂流入リスクが少ない。
経済性	下記理由により経済性において不利となる。 ・土砂吐きゲートが必要 ・土砂吐き水路及び減勢工のコンクリート量が多い。	下記理由により経済性において有利となる。 ・土砂吐きゲートが不要 ・減勢工のコンクリート量が相対的に少なく済む
評価	△	○

c) 洪水吐き配置の変更・比較検討の実施

今後、上記改善点に着目し、常用洪水吐き配置を更に見直すことで、経済性や維持管理性だけでなく、流水型ダム特有の河川の連続性や景観にも配慮した構造とすることを目指して検討予定である。

【現案】



【改善案】

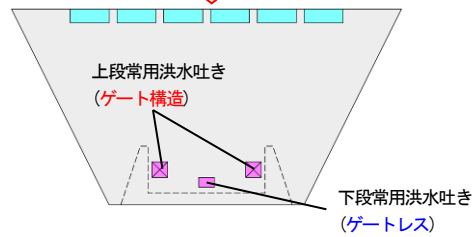


図-10 更なる洪水吐き配置変更イメージ

5. おわりに

大戸川ダムでは、これまで付替道路の施工を進めていたが、2022年度より本格的にダムの構造検討を再開したところである。また、国内でも前例の少ないゲート操作を伴う流水型ダムである。施設配置を検討する現段階においては先行事例に捉われず、柔軟に検討を進めることで、経済性や合理化と同時に周辺環境や地域振興にも配慮することを目指し、本事業の検討成果が今後の後発事業の参考となるよう継続して検討を進めていきたい。

謝辞：本検討では、国土技術政策総合研究所や国立研究開発法人 土木研究所との技術相談を行い検討を実施しました。上記機関をはじめとする、ご指導・ご協力いただいた全ての方にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 技報堂出版：流水型ダム ―防災と環境の調査に向けて―、池田駿介・小松利光・角哲也