

トンネル式放流設備における コスト縮減等の取り組みについて

出水 達也¹・松田 政裕²

¹近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 工務課 (〒520-2279 滋賀県大津市黒津4-5-1)

²近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 建設専門官 (〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14)

天ヶ瀬ダム再開発事業のトンネル式放流設備は、模型実験による検討を基に、景観への配慮も含め、様々な条件に配慮した設計となっている。

今日、公共事業は社会情勢の変化を踏まえ、コスト縮減や効率的な事業実施が求められており、天ヶ瀬ダム再開発事業においてもコスト縮減に配慮の上、設計を検討していたが、さらなる事業費の縮減を求められている。

そこで、原点に立ち返りトンネル式放流設備の設計について調べたところ、吐口部においてコスト縮減が可能なポイントを見つけることができた。

本報告は、躯体構造や現場状況等、多様な条件に対応した吐口部の設計に対し、コスト縮減の可能性について検討した内容を紹介する。

キーワード ダム、コスト縮減、トンネル式放流設備、低周波音対策、景観

1. はじめに

天ヶ瀬ダムは、京都府宇治市に位置し、淀川水系の宇治川と呼ばれる流域に建設された多目的ダムである。高さ73m、長さ254mのアーチ式ダムで、洪水調節や水道供給及び水力発電の役割を担っている。



図-1 天ヶ瀬ダムの位置

天ヶ瀬ダム再開発事業は、治水及び利水（水道・発電）の能力増強を目的として、現在のダムの放流能力である毎秒900m³を毎秒1500m³まで増やすために、ダムの左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。



図-2 トンネル式放流設備の配置図

2. 設計の概要

今日、公共事業では、社会情勢の変化を踏まえコスト縮減や効率的な事業実施が求められる状況のなか、天ヶ瀬ダム再開発事業においても、さらなる事業費縮減の検討が求められている。

天ヶ瀬ダムのトンネル式放流設備は、流入部、導流部、ゲート室部、減勢池部、吐口部で構成されている。

放流時の水の流れとして、まず流入部から水が入り込み、内径10.3mの円形トンネルである導流部を流れていく。ゲート室部にあるゲートの開閉により流量を調節し、幅23m、高さ26mのトンネルとなる減勢池部で流水の勢いを安定させながら、吐口部で流水を河川へ放出する。

これまでもコスト縮減を検討してきたが、水理特性をテーマとし、今回は吐口部についてコスト縮減策を考えることとした。

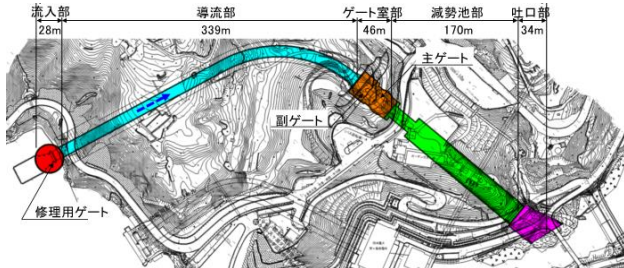


図-3 トンネル式放流設備の平面図

3. 課題の設定

トンネル式放流設備は、平成元年度から平成10年度に亘り水理模型実験が実施された。その後、洪水調節計画の一部修正とトンネル諸元の見直しがあったことから、平成19年度より水理模型実験を再開し、平成20年度に吐口部に関する水理実験が行われた。以降も様々な調査が行われ、吐口部が設計された。

これらを踏まえて、吐口部のさらなるコスト縮減策を見つけ出すことを大きな課題とした。

4. 課題への取り組み

吐口部に注目する中で、まず設計の考え方や必要性を改めて見直した。その結果、「水理特性」と「低周波音対策」の二つが重要な要素として挙げられた。

(1) 水理模型実験の概要

設計するにあたって、長さの縮尺が1/40である模型を使って、水理実験を行っている。吐口部に至っては、流況・水面形・流速の調査を行っており、下流河道の流況も実験で検証している。

また、低周波音の規模や対策についても模型実験により調査している。

(2) 設計上重要な水理特性

一般的に、減勢工は開渠した放流口に設けた方が費用が安く抑えられるが、本事業の場合、現場周辺では景観を重視しているため、開渠をあまり設けないようにしている。またトンネルのルート上、横から本川に合流する形としているため、流況を悪化させないように十分に減勢する必要があるが、地形上、平地のスペースがないためトンネル内で減勢する必要がある。この減勢により、水理上、吐口部に差し掛かる部分で水面が盛り上がる形となる。しかしながら、吐口部は、関西電力天ヶ瀬発電所の専用道路下を抜けることから、減勢池部より直高を下げた構造にする必要があるため、吐口部の中が閉塞する恐れがある(図4、図5)。吐口部が閉塞した場合、急激な放流能力の低下及び流況の悪化を引き起こす可能性がある。

また、放流時に対岸部への影響が出ないように、本川への合流形態にも考慮しなければならない(図6)。

以上の2点の対策とし、減勢池部より幅を広くし放流を拡散させることで水位を抑え、安定した流況にする必要がある(図7)。



図4 上空から見た吐口部のイメージ

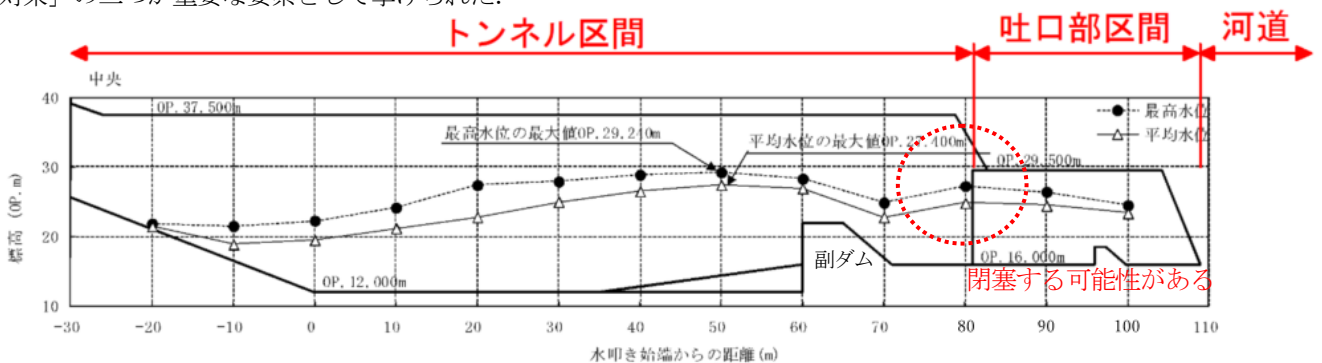


図-5 減勢池部及び吐口部の縦断水面形 (トンネル放流量 824m^3 、ダム側流量 $1,100\text{m}^3$ の場合)



図-6 模型実験による合流形態の検証

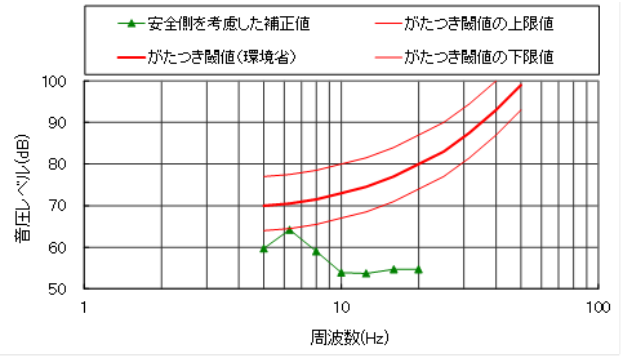


図-8 トンネルから発生する周波数特性とがたつき閾値(現場と最も近い住宅)の比較¹⁾

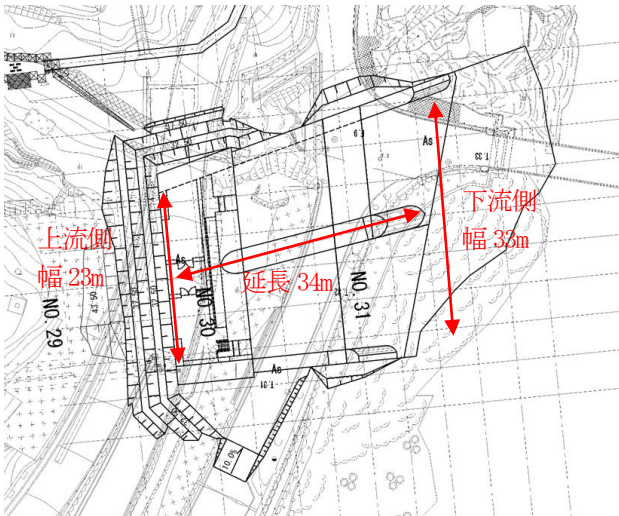


図-7 吐口部の平面図

(3) 低周波音対策

放流水が減勢池に流入する時に、跳水による減勢の衝撃により低周波音が出るのが模型実験によりわかっている。低周波音が発生することで、近くの住宅の家具が揺れるといった問題が生じる。この基準値を「がたつき閾値」として環境省で定めており、模型実験で検証したところ、63 Hzの音圧レベルが「がたつきの閾値」との差が小さいとされ、対策の必要性が確認された(図-8)。

そこで、低周波音を半波長分だけ波形をずらして相殺する消音管を設置することとしている(図-9)。

設置範囲は、減勢池部下流側の天井部分から吐口部のボックスカルバート部を併用した構造としている(図-10)。ボックスカルバートは元々、天端に道路を敷設するために設けていたが、後に消音管が必要とされ、水理的(水面変動の最高水位)に影響を与えない箇所とし上流側に寄せるため、併用する設計となった。

そのため、消音管はコンクリート構造部(ボックスカルバート内)と鋼構造部で構成されており、維持管理用通路の役割も兼ねている(図-12)。

消音管の延長については、模型実験の検証により12.5mが最適としている(図-13)。

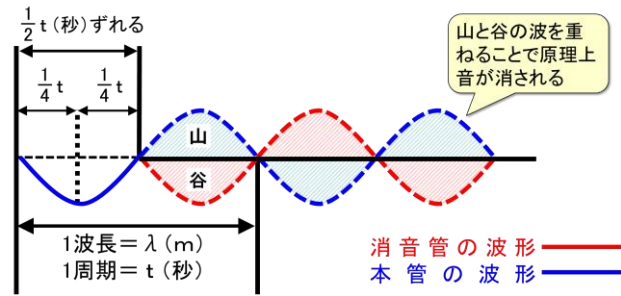


図-9 波形のイメージ

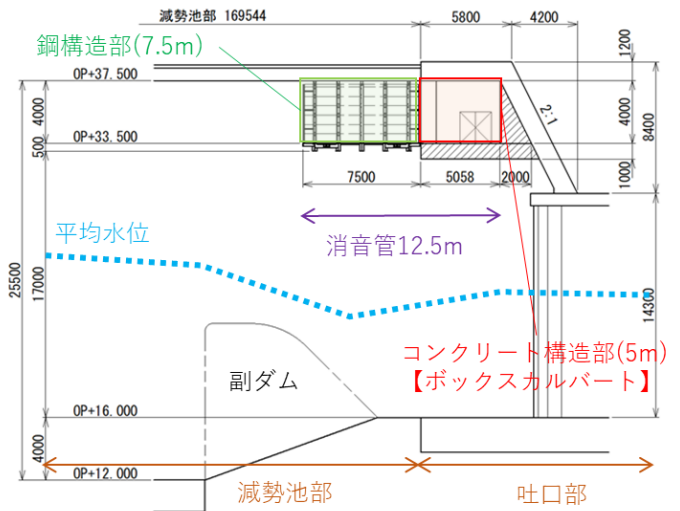


図-10 消音管縦断面図

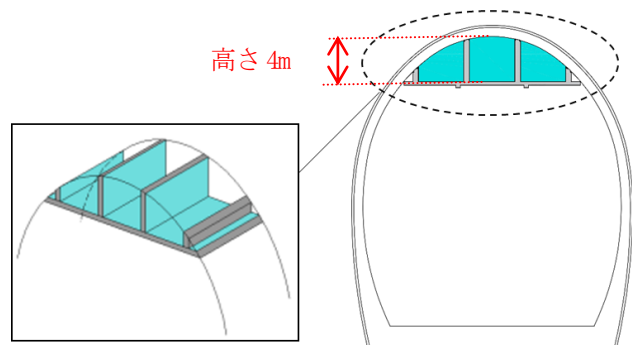


図-11 消音管の断面図

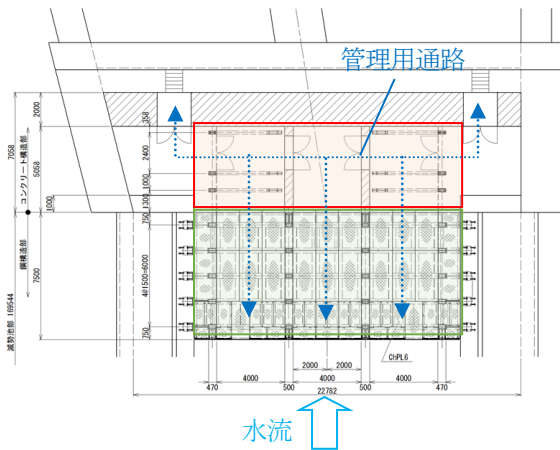


図-12 消音管の平面図 (赤：コンクリート構造部，緑：鋼構造部)

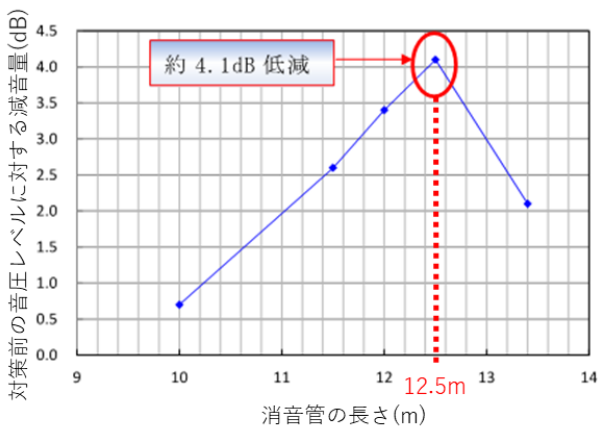


図-13 消音管の長さとの関係

(4) 設計を見直して見えること

設計を調べたことで、吐口部の必要性が理解できた。当初、吐口部自体を取り止めても問題なく放流できるのではないかと考えていた。しかし、吐口部がなければ、安定的に本川へ合流ができず、周辺の流況が荒れることになる。低周波音対策においても、抑制効果が発揮できなくなり、さらに外観においては、大きな穴だけが開いたような見え方になり、景観面においても悪いものとなる。したがって、トンネル式放流設備において、吐口部は重要な構造物となる。

5. コスト縮減対策

吐口部の設計の考え方や必要性、水理現象を改めて見直すことにより、目的や機能に対しわずかではあるが、消音管の部分でコスト縮減の余地があることが判明した。

消音管のコンクリート構造部は、維持管理用通路を併用しているため、防音扉の整備等が必要であり、鋼構造部より費用が大きくかかる設計である。この点に着目し、条件を踏まえてコスト縮減策の検討を行った。

消音管設置の条件は、「水理的に影響を与えない設置

場所であること」「消音管の長さを12.5m確保すること」「維持管理の通路としても併用できること」の3つである。

以上の条件を踏まえ検討した結果、コンクリート構造部の消音管5mを取り止め、鋼構造部を上流側に5m延長することでコンクリート構造部の簡素化を図った(図-14)。

消音管の位置は5m上流側に移動することになるが、水理的に影響はなく、消音管の効果は延長に支配されるため、必要延長(12.5m)をトンネル内に確保していれば、低周波音対策への影響はないと考えられる。なお、鋼構造部のパネルは取り外しが可能なため、鋼構造部を延長したことで消音管長の調整がさらにしやすい形となる。

また、通路としての機能は残すため、維持管理についても問題なく対応できた形としている(図-15)。

この設計変更により、コンクリート構造部を簡素化することができるため、コスト縮減が可能となる。

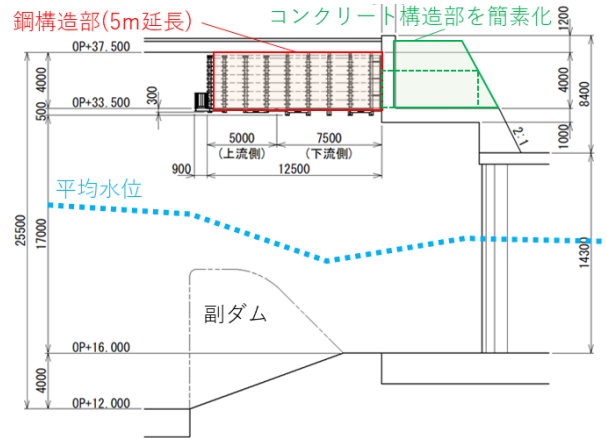


図-14 変更後の消音管配置図

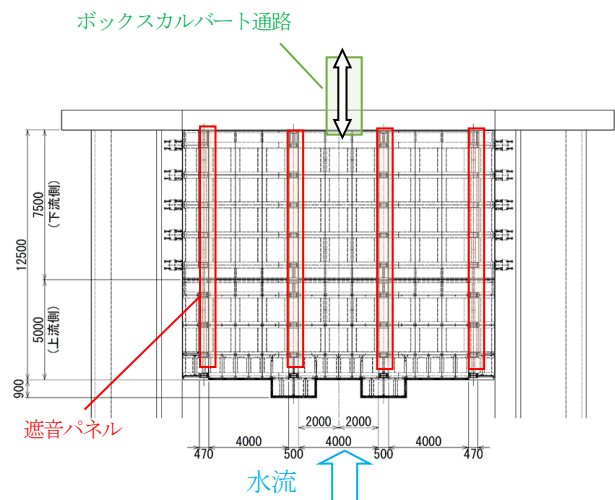


図-15 変更後の消音管平面図

6. 終わりに

改めてトンネル式放流設備の設計について調べた時に、これまでの水理実験や調査等によって、いかに精巧できたものなのかがわかった。

しかし、大規模なコスト削減には至らないものの、設計の基本となる考え方を調べたことにより、設計の隙間に気づくことが出来た。コスト削減を検討する場合は、

まず設計を深く知ることが重要であると考えます。

本報告が、課題解決手法の一事例として他の事業担当者の役に立てば幸いです。

参考文献

1)環境省：低周波音問題対応の手引書