

瀬田川洗堰管理制御処理設備の課題解決に向けた検討について

名坂 純哉¹・嶋田 幸平²

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

²近畿地方整備局 京都国道事務所 管理第二課 (〒600-8234京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808)

琵琶湖河川事務所で所管する瀬田川洗堰の堰管理制御処理設備は、2000-2001年度に製作・据付され、2012-2013年度に機器取替等の改良工事が行われている。2021年度末時点で電子機器は標準取替年の8年を経過し、更新時期を迎えようとしている。現状の運用や管理体制を踏まえ、既設設備の課題やコスト縮減、また新設設備の切替を考慮した更新に向けた検討・設計を行ったので参考として報告する。

キーワード 瀬田川洗堰、ダム・堰管理用制御処理設備、設備更新

1. はじめに

瀬田川洗堰は、瀬田川に設置された可動堰であり、放流量を調節することにより、琵琶湖周辺の洪水防御、下流淀川の洪水流量の低減、琵琶湖の水位維持、下流淀川の流水の正常な機能の維持、及び下流淀川の水道用水・工業用水の供給を行っている。本堰は1961年3月に建設されたものであり、建設60周年を迎えた。1992年3月には琵琶湖総合開発事業の一貫でバイパス水路が完成し、より細やかな流量調節を行えるようになった。放流設備は、本堰ゲート（鋼製二段式ローラーゲート：10門）、流量調節ゲート（鋼製三段式ローラーゲート：2門）、流量調節バルブ（JFG：1門）、小水力発電設備（S型チューブラ型）で構成されている。



写真-1 瀬田川洗堰 本堰ゲート

堰管理制御処理設備（以下、「堰コン」という）は、流水管理に関わる堰水流量演算を行い、放流設備の遠方操作を行うものであり、瀬田川洗堰の運用を司る重要な設備である。本報では、堰コンの更新に向けて課題への対応を検討し、設計を実施したのでそれを紹介する。

(1) 既設設備の概要

現在運用している堰コンは、2000-2001年度に「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）平成7年3月 財団法人ダム水源地環境整備センター」に準拠して設計・製作されたものである。その後、2012年度に構成装置のパソコン・PLC(Programable Logic Controller)の更新、2013年度にバイパス水路放流設備のゲート機側操作盤に伴う改修工事が実施されている。

表-1 工事履歴

年度	工事	工事内容
2000 2001	瀬田川洗堰管理用制御処理装置改修工事 瀬田川洗堰管理用制御処理装置設置工事	既設設備更新
2003	瀬田川洗堰制御処理装置改修工事	機能追加改造
2012	瀬田川洗堰管理制御処理設備設置工事	電子機器更新
2013	瀬田川洗堰機側伝送装置他設置工事	機側～遠方間 FL-net化

a) 機側～遠方間の接続方式

既設堰コンの導入時は、すべてのゲート機側操作盤の制御回路はリレー式であり、堰コンとは機側伝送装置を介して接続する方式がとられていた。また、放流設備が隣接している堰の特徴を活かし、リング型（ループ）で接続する構成となっていた。

バイパス水路のゲート機側操作盤の更新に合わせて、2013年度の改修時には、機側～遠方間は「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）平成16年7月 国土交通省」に基づき、2系統化・スター型接続（FL-net伝送）へ改修された。本堰ゲートの機側操作盤は既設流用となっていたが、将来更新時にスムーズに移行できるよう機側伝送装置のFL-net化が実施された。なお、本堰ゲートの機側伝送装置PLCは、機側操作盤に実装されている。

b) 装置構成

放流設備の遠方操作は、事務所3階の操作室に設置されている表示設定操作卓、遠方手動操作卓で行う。鋼製のコントロールデスク型の専用卓であり、表示設定操作卓では設定値操作を、遠方手動操作卓では手動操作を行える。



写真-2 表示設定操作卓・遠方手動操作卓

入出力処理装置、演算処理装置、情報伝達処理装置等の収容架は、事務所4階の電算室に設置されている。

(2) 更新の必要性

上述の通り、構成する機器のうち、FAパソコンやPLCは2012年度に更新されており、経過年数や保守部品の枯渇から、施設の機能維持及び適切な運用を行うため、設備更新を計画する。

設備の更新に向け、現状の運用や管理体制を踏まえ、既設設備の課題とその対応について検討を行ったので、次項より示す。

2. 信頼性の向上

(1) 洗堰放流量の把握方法（精度向上）

本堰ゲートは、二段式ローラーゲートであり、5つのゲート状態がある。本堰ゲート放流量は、②越流時、③ドン付時のみ千町水位をもとに計算式から演算される。これらゲート放流量の和が洗堰放流量となる。一方、④潜流時、⑤全開時では、本堰ゲート放流量の演算が出来ないため、洗堰放流量は約1.5km上流に位置する橋本流量観測値（流速換算値、HQ換算値）による。橋本流量は、橋本流量観測所に設置されている超音波流量観測装置から入力される流量値である。

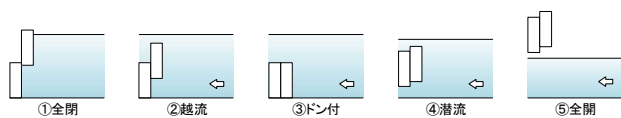


図-1 本堰ゲート状態のイメージ図

a) 観測地点

橋本流量観測所下流には、宇治発電所への導水路が位置しており、洗堰放流量は、橋本流量から宇治発電所取水量を控除する必要がある、リアルタイムでの流量把握が難しい状況にある。

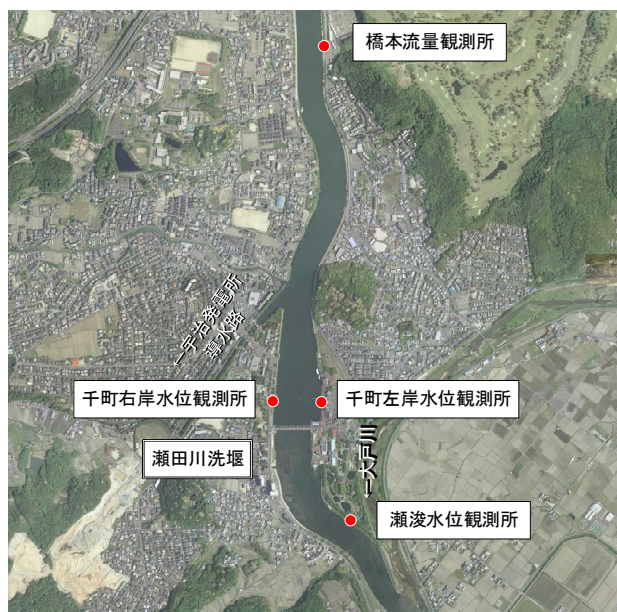


図-2 水位・流量観測所位置図

洗堰放流量は、流入や分水（取水）の影響のない堰地点、堰直上流・直下流地点のいずれかで流量を観測することになる。流量観測地点は、一般的に河床変動が少ない、断面や河幅に大きな変化がない等の条件となる。また湾曲部では、流れが偏りやすく精度が悪くなるため、流量観測地点は、直線区間が適切である。

堰直下流の瀬湊地点は、湾曲部となっているため、流量観測装置の設置には適していない。堰地点は、断面が大きく変化することから、1号ごとに後述する非接触型の設置が考えられるが、予備ゲート設置用クレーンのレール等により配線ができないため、堰柱への固定設置ができない。一方、堰上流の千町地点は、河道が概ね矩形断面で、直線部であるため、流量観測場所として適している。

b) 観測方法

流量を観測する方法は、接触型には超音波流速計、H-ADCPなどがある。また非接触型には電波や超音波を用いて河川の表面流速を測るドップラー方式（電波流速計、超音波流速計）と、ビデオ画像から河川表面の波紋や濃淡等の模様を測る画像処理方式（PIV法、STIV法等）がある。画像処理方式は、夜間観測の必要性やリアルタイム性から堰水流量として利用するには適さないと判断した。非接触型の電波／超音波流速計は、千町地点には橋梁等の河川横断構造物はないことから、設置困難となる。よって、接触型の超音波流速計、H-ADCPが候

補となる。超音波流速計は、水平方向の平均的な流速を検出する方式である。一方、H-ADCPは、ドップラー流速計 (Acoustic Doppler Current Profiler) を水平設置し、センサから発信された超音波とはね返ってくる超音波のドップラー効果により、センサ設置高の流速横断分布を計測することができる。

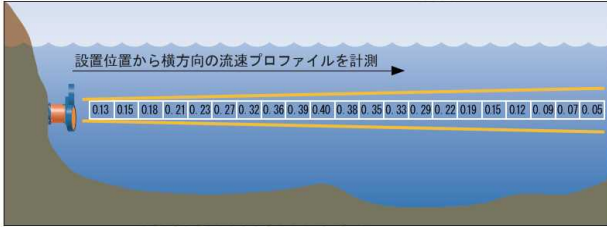


図-3 H-ADCP概念図¹⁾

H-ADCPは比較的新しい技術であるが、国土交通省では、固定設置型流量観測設備 (常設) として、20箇所以上の設置実績がある。近畿地方整備局管内では、姫路河川国道事務所に1箇所、淀川河川事務所に3箇所設置されている。H-ADCPは、横断方向の平均流速を計測する超音波流速計に比べ、本堰ゲート10門の開操作状況に応じた流速の横断分布計測により高精度リアルタイム観測が可能であり、約2,000万円程度安価でもある。よって、堰コンの更新に合わせて、千町地点にH-ADCPを設置することを計画する。

(2) 入出力装置・遠方手動操作装置の構成

機側～遠方間がFL-net化に伴い、設定値操作系と手動操作系の2系統化された構成となっている。2013年度のFL-net化を行うにあたり、インタフェース装置を追加して、新旧伝送仕様を相互接続している。各ゲート機側操作盤・機側伝送装置から、入出力用/遠方手動用インタフェース装置に2系統でFL-net接続されている。それぞれ全ゲートが接続されているため、いずれかのインタフェース装置に障害発生した場合は、全てのゲートの操作系統に影響が及んでしまう状況にある。例えば、入出力用インタフェース装置が故障した場合は、全ての放流設備に対して設定値操作ができなくなってしまう。ただし、遠方手動操作用インタフェース装置により遠方手動操作によるバックアップは可能である。

遠方・機側間通信共通仕様書 (案) では、FL-netの共通メモリの割付から、入出力装置1台あたりの制御可能機側盤の数は17設備としている。メモリの予備領域があるため、それ以上の設備数でも可能ではあるが、瀬田川洗堰では、本堰ゲート上段扉の自動操作を考慮 (上段扉と下段扉を個別にカウント) すると、接続する放流設備は、27設備と多くなる。装置故障による操作系統への影響を小さくし、信頼性を向上する目的で、入出力装置と遠方手動装置は2台構成として、接続するゲートを分散するものとした。

放流能力から流量調節バルブと流量調節ゲート5m、流量調節ゲート5mと流量調節ゲート15mは、それぞれ代替放流が可能であることから異なる入出力装置/遠方手動操作装置に接続し、冗長化できるものとした。また本堰ゲートも同様に1～5号、6～10号に分けて接続するものとした。これにより仮に入出力装置のいずれか1台が故障した場合でも、300m³/sの放流に対して、150m³/sの放流能力が確保できるようになり、操作の信頼性を向上することが可能と考える。

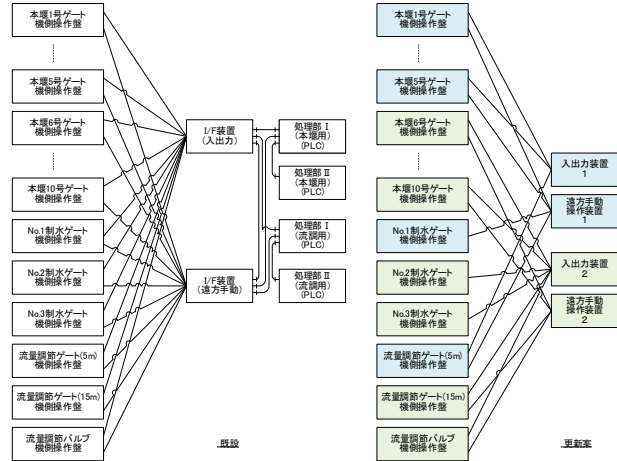


図-4 機側～遠方接続系統 (左: 既設, 右: 更新案)

(3) 簡易シーケンス型の採用

堰コン更新と同時に本堰ゲート機側操作盤の更新も計画されている。ダムコン標準設計仕様書では、機側操作盤PLCに開度制御機能を実装し、入出力装置から目標開度を伝送する方式を標準としている。

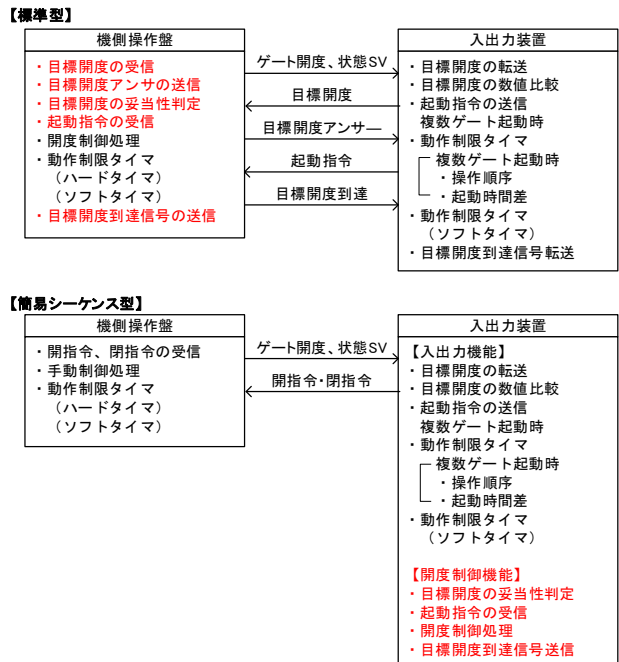


図-5 操作系統図 (上: 標準型, 下: 簡易シーケンス型)

機側操作盤PLCは、アンサー処理、妥当性判定、起動

指令の送受信処理等を行って、開度制御処理を行うなど比較的複雑な通信や処理を行うことになる。これは、ダムコンに処理負荷の集中を避けて、機側操作盤に機能分担させることを考慮したものである。

瀬田川洗堰では本堰ゲートに上屋がなく、機側操作盤は屋外設置となり、過酷な条件下となる。機側操作盤への機能分担は、機側操作盤内部の温度上昇の原因となり、操作制御設備全体として信頼性の向上にならないと判断し、開度制御機能は入出力装置に実装し、遠方から開閉指令のみのオンオフ制御に簡素化する簡易シーケンス型を採用する。以上のように、機側操作盤PLCの負荷軽減することで内部温度上昇を抑え、機器故障を軽減できると考えられ、信頼性の向上を目指す。

3. コスト縮減対策

(1) 入力信号の系統整理

瀬田川洗堰では、放流量を演算するために、堰直上流の千町左岸水位観測所からの水位、千町右岸水位観測所から水位、さらに上流の橋本流量観測所から流量を入力している。また堰下流の瀬浚水位観測所から水位2量を入力している。これらの入力系統は、入出力処理装置と情報伝達処理装置にそれぞれ分かれており、システムが複雑化している。

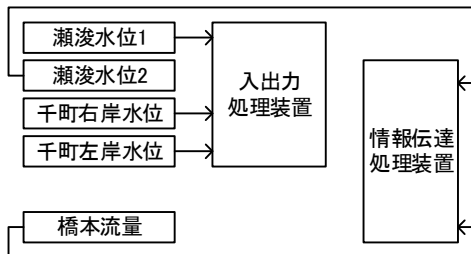


図-6 計測信号入力系統 (既設)

ダムコン標準設計仕様書では、制御系LANに接続される装置にリアルタイムの水文量演算処理する情報を入力し、流域水文量のような定時データを情報入力提供装置 (=情報伝達処理装置) から入力する方法としている。各水位・流量値は、流域水文量の定時データではなく、リアルタイムの水文量演算処理を行うための情報であることから、堰コンの更新にあたり、入力系統を単純化することで、コスト縮減を目指す。

(2) 計測装置の集約化

既設堰コンでは、水位、流量情報は、1量ずつ専用の計測装置 (PLC) が設置され、入力処理を行っている。

保守費用は装置数によるため、イニシャルコストだけでなく、ライフサイクルコストに影響する。

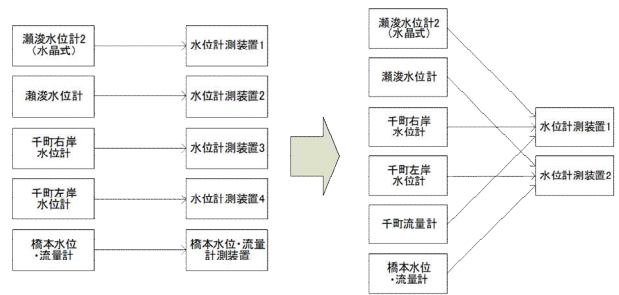


図-7 計測装置の接続構成 (左: 既設、右: 更新案)

PLCの信頼性は高く、またデータ処理能力は1量のみに限らないことから、計測装置の機器集約化を図るものとした。ただし、二重化されている水位は、別々の計測装置に入力するものとし、冗長化を図る。これによりPLCを5台から2台に減らすことができ、およそ200万円×3台=600万円程度のコスト縮減を図るものとした。

(3) 表示装置

既設の大型ディスプレイは、従来のグラフィックパネルの代替として、ベゼル幅の狭いディスプレイを4面組み合わせたものである。従来の内容や文字高を維持し、視認性を考慮したものであるが、画面の分割処理、表示処理のソフトウェア費、特注の架台にコストがかかっている。



写真-3 グラフィックパネル (旧設備)



写真-4 大型ディスプレイ (既設)

現状の運用状況を踏まえ、大型ディスプレイは1面構成とした。これにより、約1800万円のコスト削減を図る。なお、CCTV用の天吊モニタに堰コン画面を出力できるように改善し、常時監視できるように配慮する。

(4) 管理項目の見直し

従来ダムコン・堰コンは、ダム・堰に関わる情報を一元管理する設備として構築されてきたが、現在は流水に関わる情報のみを取り扱うものとしている。既設堰コンでは、電気室に機側伝送装置を設置して、受変電設備の状態信号を入力している。これらは流水管理に関わるものではなく、別途設備での管理、監視が可能である。コスト削減の観点から更新後はこれらの情報を取り扱わないものとした。電気室の機側伝送装置が不要となり、これにより約500万円のコスト削減が可能となる。

また、バイパス水路には、水位計と共に流量計が設置され、堰コンに入力している。バイパス水路水位は、流量調節ゲート・流量調節バルブの放流量演算で利用しているが、流量計値は演算に利用していない。検証用の計測設備で役目を終えており、バイパス水路流量は、堰コン更新後は取り込まないものとする。これにより入力処理や入力インタフェースを削除することができ、コスト削減となる。

4. 省力化

既設堰コンからの出力帳票は日報のみであり、月報の出力機能は実装されていない。管理上、堰コンの記録データを利用して、別途月報を作成しており、操作職員の負担になっている。

更新後は月集計処理を行い、月報を自動作成する機能を実装し、操作職員の負担軽減、支援できるようにする。

5. 更新時の運用 (切替計画)

堰コンは、堰水流量の演算、放流設備の遠方操作を行い常時稼働している管理上非常に重要な設備である。仮に堰コンが機能停止となった場合は、事務所操作室から流入量・放流量等の堰水流量が把握できなくなるとともに、遠方操作ができなくなる。機器の据付・調整は、以下の方法で、新旧設備の更新時の機能停止期間を極力短くする計画とした。

- ①移行は1)更新装置を空きスペースに仮設、2)順次切替を行った上で動作確認、3)既設装置を撤去、4)更新装置本設の段階的な据付・調整を行うことを計画する。
- ②堰水位は、堰操作に必要な放流量、流入量を演算するために不可欠である。新旧並列で堰水流量演算を行う

ために、2台構成となっている堰上水位となる千町水位計のうち、1台を更新堰コンに先んじて接続し、新旧堰コンでの並行した堰水流量演算処理を可能とする。

③ゲート設備の切替時でも、堰水流量演算処理を継続する必要がある。既設堰コンには、水位計や開度計の点検時でも、計測値を手入力できる保守設定機能があり、設定入力値をもとに堰水流量演算を継続できる。更新堰コンにも同様に保守設定機能を実装し、この機能を活用して新旧ともに必要な演算値を暫定値として得る。

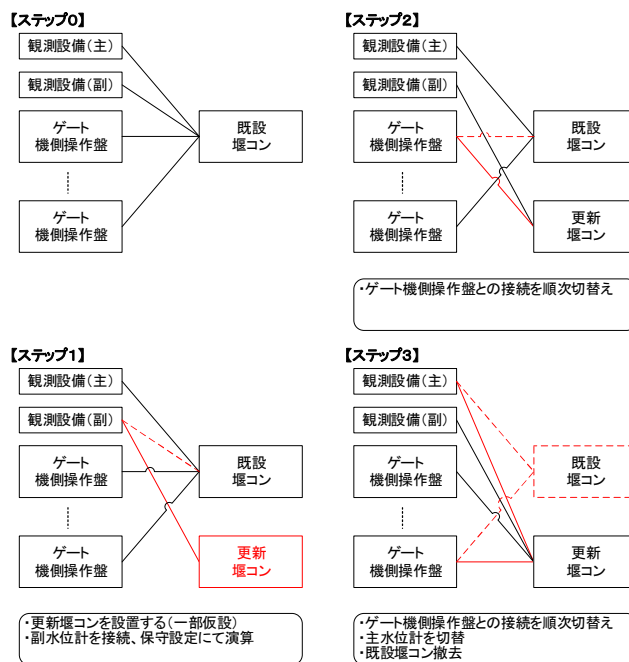


図-8 切替ステップ

6. 終わりに

堰コン更新にあたり、瀬田川洗堰の運用上、既設設備に対する諸課題について、改善方法・対応を検討した。同様に他ダム・堰でのダムコン・堰コンの更新時に参考になれば、幸いである。本検討の結果をもとに、今後更新工事を実施する計画である。工事実施にあたっては、施工業者からの提案があれば、さらなるコスト削減や改善を進めていきたい。また流量把握の精度向上については適切な瀬田川洗堰の操作・管理に資するよう検証を行っていきたい。

参考文献

- 1) ワークホースH-ADCPカタログ 株式会社ハイドロシステム開発