

堰管理用制御処理設備更新での設備運用の検討について

杉田 雅幸¹

¹近畿地方整備局 紀の川ダム統合管理事務所 防災情報課 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

和歌山河川国道事務所が所管する紀の川大堰は、紀の川の河口より6.2km付近に建設されて2003年より運用されてきました。昨今は近畿地方でも非常に激しい雨（1時間降水量50mm以上）の年間発生回数が増加する一方で無降水日（1日の降水量が1.0mm未満の日）の年間発生日数も増加しており、大堰の役割は欠かせないものとなっている。

紀の川大堰の放流を行うゲート機能を制御する管理用制御処理設備は、2001年度に製造されて運用されてきたが2023年・2024年度に更新されるため、基礎的な設備更新の課題検討と現場意見を基にした運用性向上の検討を行ったので参考として報告する。

キーワード 設備更新、堰操作、堰管理用制御処理設備

1. はじめに

紀の川大堰は、大台ヶ原を源として奈良県、和歌山県にまたがり流れる紀の川下流域の和歌山市内に設置された可動堰で、上流にあった農業用水の取水を目的として農林水産省により建設された新六ヶ井堰（固定堰）を改築して、洪水の疎通能力の増大と流水の正常な機能の維持と増進を図るため、2003年6月の暫定運用を経て、2011年3月に完成しました。



図-1 紀の川大堰全体写真

紀の川大堰は総延長542m・可動部369m、放流設備は主ゲート（鋼製シェル型ローラーゲート）5門、流量調節ゲート（スライド式鋼製シェル型ローラーゲート）2門、呼び水水路ゲート（起伏式ゲート）2門、魚道を左右にそれぞれ（階段式・デニール付バーチカルスロット式・人工河川式）で構成されて、堰管理用制御処理設備（以

下、「堰コン設備」という。）によりゲートによる流水の制御処理が行われる。この堰コン設備の更新に合わせて設備を運用してきた操作員など現場の意見を反映するための検討を行った。



図-2 紀の川大堰ゲート機側操作盤と開閉装置

2. 既存設備と更新設備仕様

堰コン設備は、操作員のいる操作室（遠方）に配置され、ゲート室にあるゲート機側操作盤（機側）に信号を伝達して機械設備を制御処理する仕組みで、既存も更新設備も変わらず国土交通省の一般的なダムなども違いはない。

設備更新に際しては、制御処理と信号伝達の方法が変更されるので、比較することで導入としたい。

(1) 既存設備の仕様について

既存設備は2001年当時の「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）」（1995年3月（初版）ダム水源地環境整備センタ）（以下、「1995年仕様」という。）に準拠したものとなっており、操作室で操作員が行う操作には2種類ある。

遠方手動操作装置で行う押しボタン操作での手動操作入出力装置で行う、PC操作での自動、半自動、開度設定一回限り操作の2系統である。その操作の制御処理においては統合装置で2種類の操作処理を一本化して、1系統にまとめて、操作室（遠方）～ゲート室（機側）までの信号伝達は光ケーブルを用いて標準仕様に規定は無いが、光ケーブル断線などによる通信遮断に強いリング型にて数珠つなぎで伝達していた図-3。

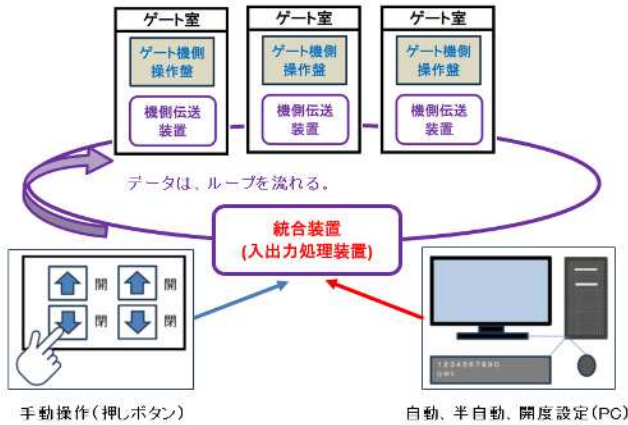


図-3 既存設備の装置構成

紀の川大堰の構成は、少し標準仕様の形と異なる部分もあるので「1995年仕様」で構成された設備は図-4 の構成が他ダムでも汎用的であるため以後の説明のため示す。

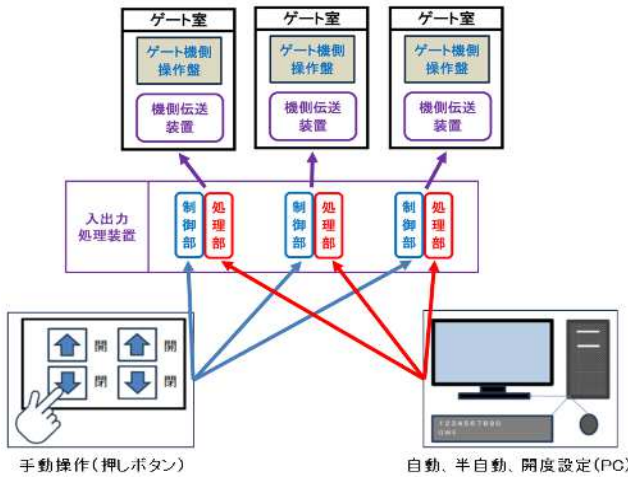


図-4 汎用的な既存設備の装置構成

(2) 更新設備の仕様について

更新設備は「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書・同解説」（2016年8月 国土交通省）（以下、「2016年仕様」という。）に準拠して設計されており、操作室で行う操作自体は2種類と変わらず遠方手動操作装置と入出力装置で行う操作も継続してあり画面が見やすい、フォロー機能が充実など操作性が改良される。

その制御処理においては、一本化していた2種類の操作処理を2系統のままにして共用する部分を無くすこと

で1系統が故障しても別操作方法でゲート制御を継続できる様にリスク分散されている。

また、遠方～機側への信号伝達はスター型接続という個別に接続する方法を原則として、介在していた機側伝送装置が無くなり図-5 のようにゲート機側操作盤に直接接続する方法が採用されているため一部設備が支障を受けても各々接続には影響しない接続方法となっており、その信号伝送方式もFL-netという一般的な制御装置間の信号伝達に普及している方法で、装置も容易に構成できるものとなっている。

これらの制御処理、信号伝達の方法は「2016年仕様」の前にある2004年に改訂された同仕様・解説の時点で規定されているため、それ以降に製造、改修されたダム・堰においては図-5 の構成が実装済みの施設が多い方法ではあるが、紀の川大堰の堰コン設備は2世代前の設備仕様を継続していた。

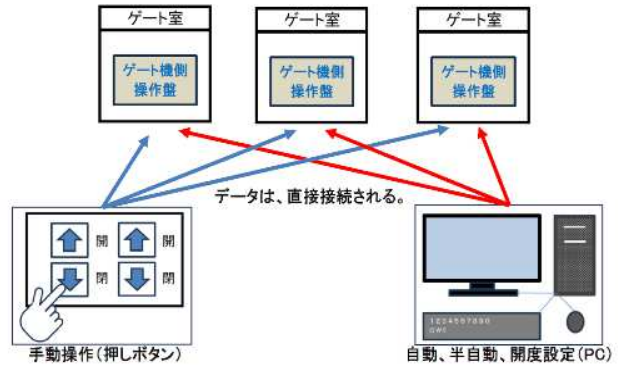


図-5 更新後設備の装置構成

3. 更新設備移行へ設備運用の課題

(1) ゲート機側操作盤の対応について

堰コン設備の制御処理と信号伝達方法を「1995年仕様」から「2016年仕様」に変更するにあたり、問題と対応方法は、以下のとおり対応する。

a) ゲート機側操作盤の課題

紀の川大堰設備では現在図-6、左 の構成となっており、完成形で図-6、右 の構成になることを目標としている。しかし図-3 のとおり堰コン設備の入出力処理装置で、制御処理を一本化して機側伝送装置へ伝送して、機側操作盤に接続する、このペアで1構成となっていたために、操作室からの堰コン設備の制御が2系統になっても制御の受付先が一つしかない状態である。

さらに、制御処理の2系統とともに信号伝達方式も新たにFL-net化に対応する必要となり、堰コン設備の「2016年仕様」に合わせる事が課題となるが、合わせるには次の3パターンが考えられる。

- ・機側操作盤を新仕様に合わせ更新する
- ・機側操作盤を対応するように改造する
- ・機側操作盤は、そのままに堰コン設備の設備追加により「2016年仕様」と仲介する

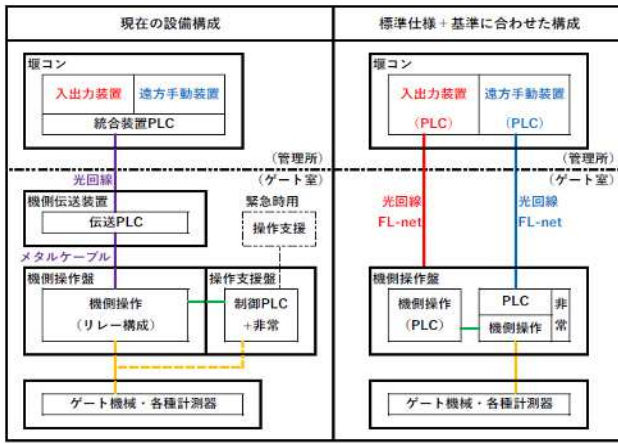


図-6 遠方一機側構成概略 (1)

b) ゲート機側操作盤の対応

堰コン設備更新により図-5の構成に移行するため移行期においては図-7、左のとおり、一時的に2系統となった堰コン設備からの制御処理を一本化するための統合制御PLC（制御装置）を設けて機側操作盤への制御を受け渡し、光ケーブルの信号伝達方法のFL-net化にもPLC信号部にて対応する設計がされており、設備更新が成される際には図-7、右のPLCとして設定を変更して継続活用を行う予定としている。

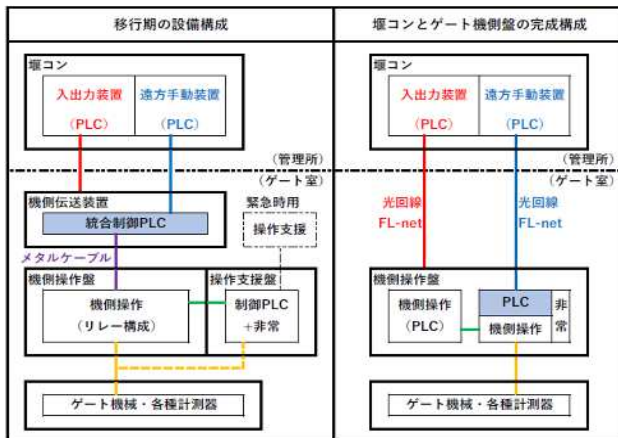


図-7 遠方一機側構成概略 (2)

図-7、左の統合制御PLCには、制御を受け渡すため具体的には何が求められるのかを整理することで、紀の川大堰の堰コン設備のみならず、他ダムでも同年代の設備を更新するとき、機側操作盤とダムコン設備更新を同時期に行えない場合の対応方法の提案とする。

ただし提案する対応方法、堰コン設備の機側伝送装置で機側操作盤に制御を受け渡す考え方は、オリジナルなものではなく「2016年仕様」の前にある2004年の同仕様に対する解説「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）、同解説」（2005年6月 ダム水源地環境整備センター）更新編にある（2）ダムコン先行更新）に準拠しているが、具体的には書かれていないので紀の川大堰の例を紹介するが、実施の導入に際しては個々の設備を検

討・確認する必要があるため概要に留める。

イ. 既設設備は、メタルケーブル（銅線など金属ケーブル）で、電気的な接点信号を1本ずつ用いて機側伝送装置と機側操作盤の間に通信している。図-8

ロ. 「2016年仕様」では、最終的に機側伝送装置がなくなり機側操作盤に直接FL-net接続するが、機側操作盤の更新タイミングが遅れる場合には、機側伝送装置の機能を一時的に残して、既存の機側伝送装置と同じ接点信号で機側操作盤と通信することで動作を継続することができる。

ハ. 機側操作盤の改造を行わないため機側伝送装置の内部更新を堰コン設備の責任で行い、責任範囲の切り分けが容易となる。

この方法については、堰コン設備でなくゲート機側操作盤の更新が先になっても既存と同じ接点信号で通信を行い動作することで適用可能である。

ゲート機側操作盤	監視	動力電源	→	動力電源	機側伝送装置	監視
		制御電源	→	制御電源		
		機側操作	→	機側操作		
		閉中	→	閉中		
		閉中	→	閉中		
		停止	→	停止		
	etc. etc.	→	etc. etc.			
	制御	開指令	←	開指令	機側伝送装置	制御
		閉指令	←	閉指令		
		非常停止	←	非常停止		
		etc. etc.	←	etc. etc.		
	計測	開度	→	開度	機側伝送装置	計測
etc. etc.		→	etc. etc.			

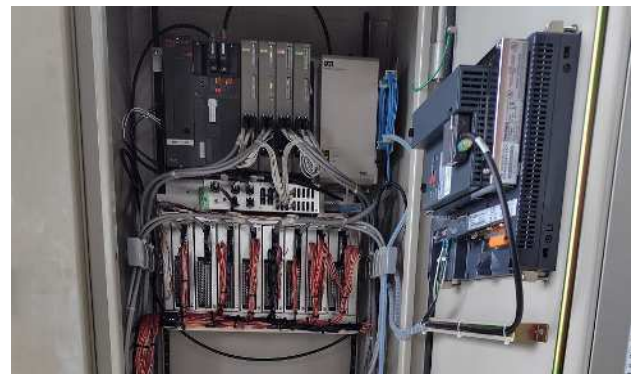


図-8 電気的接点信号の概要と機側伝送装置内PLC

(2) 大堰の機能維持について

紀の川大堰は、洪水や流水の正常な機能維持を行うために24時間365日、その役割を維持していかなければならないため、非出水期の工事施工でも堰コン設備の停止時間は管理下の元で行いかつ、最短に抑える必要がある。

a) ゲート設備の運用維持への課題

紀の川大堰は、貯水池の常時満水位（平常時に確保すべき水位）は標高3.6mとされており、洪水警戒体制の洪水の安全な流下のための操作でないときは図-9のとおり、左・右岸の呼び水水路ゲートと流量調節ゲートの操作を行っている、非出水期においても貯水池の水位を保つ流水の管理を行うためにも、このゲートの機能維持は

必要であり、平常時に動作しない主ゲートも和歌山市内における安全な流下の操作機能のため長期の停止は避けるべきである。

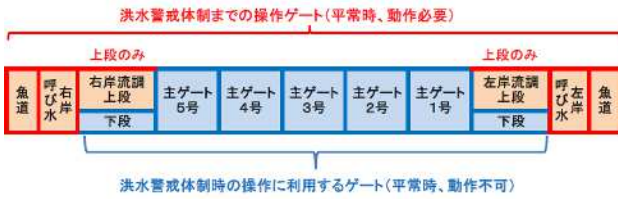


図-9 紀の川大堰の操作ゲート

b) ゲート設備の運用維持への対応

これらの機能維持を継続していかなければならない重要設備を更新する際には、2通りの方法が用いられる。

- ・代替できる設備に機能を委ねる方法
- ・新旧の設備を並立させて順次移行させる方法

紀の川大堰堰コン設備でも、仮に前項の図-5 の様に制御処理が2系統の構成であれば、遠方手動操作装置と入出力装置で行う操作を代替しながらの更新を検討の余地があった。

しかし、紀の川大堰堰コン設備の更新に際しては、堰コン設備からの制御処理、信号伝達方法を一括更新する必要があるため途中での機能代替は不可能となり、新・旧堰コン設備を並立させて各ゲート機側操作盤への接続を順次移行する方法図-10を採用した。

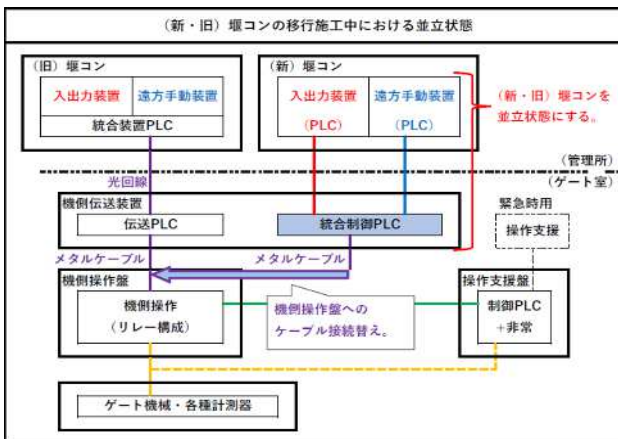


図-10 遠方機側の並立概略

更新される堰コン設備を構築してからタイミングを見計らい各ゲートの機側操作盤の接続先を順次移行することにより堰コン設備機能全体を停止すること無く、機能停止するゲート設備を移行スケジュールの調整により管理して作業ができるため流水の機能維持、洪水への備えを途絶えなく行い施工できる方法として採用した。

4. 設備運用性の検討について

紀の川大堰の2003年から20年間運用してきた「1995年仕様」から「2016年仕様」への堰コン設備更新に先立ち

運用で懸念となることを聞き取った。

(1) 運用管理端末操作への懸念

日常の管理運用を委託している支援業務の方は、これまで「1995年仕様」で放流設備の操作に影響することのない、表示端末装置、監視端末装置で記録の打ち出しや故障の報告など管理運用してきたが、2003年仕様や「2016年仕様」では表-1 のとおり1装置で運用管理を行える構成となっている。

基本的には、放流操作装置のみで日常管理に必要な機能は問題無く具備しているが、これまで日常管理で行ってきた状態や帳票表示放流設備の操作を同端末装置で行うことで誤動作・誤操作などを生じる恐れが無いが、ヒューマンエラー対策が心配であるとの意見が出たために「2016年仕様」を採用している近隣ダムにおける運用を確認して検討を行うこととした。

処理機能	「1995年仕様」表示設定操作卓			「2016年仕様」
	表示用 端末装置	操作設定 端末装置	監視 端末装置	放流操作装置
現在時刻の表示	○	○	○	○
ダム水文量データの表示	○	○	○	○
テレメータ水文量(雨量、水位、流量)の表示	○		○	○
水文量演算定数の設定と表示	○			○
操作演算処理定数の設定と表示	○			○
放流設備の操作	放流方式の指定と表示		○	○
	放流設備操作のための設定値入力		○	○
	放流設備の操作起動、停止		○	○
	目標開度、放流量の表示		○	○
	除外ゲートの指定、表示		○	○
情報の判定	ダムコン設備の動作状態異常の表示	○	○	○
	水理、水文状態、異常の表示	○	○	○
	ゲート、バルブの動作状態、異常の表示	○	○	○
	警報、通報の確認、復帰操作		○	入出力装置
	警報、通報音の鳴動		○	"

表-1 操作端末の役割

(2) 放流設備操作の操作権設定

放流設備の操作を行う上では「2016年仕様」のセキュリティ対策についての記載があり、パスワードによる操作員認証機能の他に、手動操作で用いられているキースイッチやICカードなどが提案されている。

紀の川大堰より紀の川上流にある大滝ダムのダムコン設備においては、遠隔操作場所を含めてICカードをセンサにかざしていることで操作権の付与図-11 が行われており日常の管理運用では、操作機能が動作できないために誤操作が行われることはないことを確認を行った。

紀の川大堰においても、同様のICカードやキースイッチなどの物理的にアクセスしなければ操作されないセキュリティを設けることで、ヒューマンエラー対策が行えることを確認したので、これらの対策を参考にして導入を検討したい。



操作機能が押せるようになります。

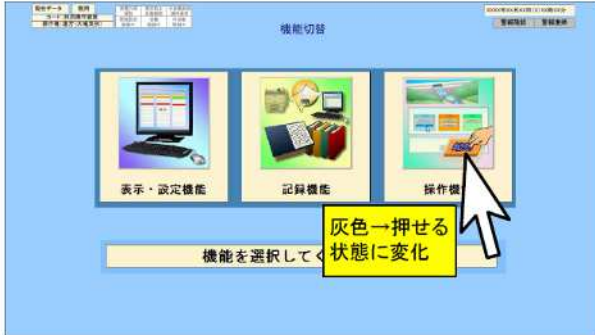


図-11 大滝ダムの操作権ICカード

謝辞：工期開始後，配置換えとなり監督職員と受注者の方に後を託すことになりましたが，設計意図は本稿のとおりです，引継ぎ紀の川大堰堰コン設備の施工を行っていただき感謝申し上げます。

参考文献

- 1) ダム水源地環境整備センター：ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）（1995年3月）
- 2) ダム水源地環境整備センター：ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案），同解説（2005年6月）
- 3) 国土交通省：ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書・同解説（2016年8月）
- 4) 国土交通省：紀の川大堰制御設備詳細設計業務（電設コンサルタント株式会社）（2019年9月）
- 5) 国土交通省：大滝ダム管理用制御処理設備設置工事（日本無線株式会社）（2017年3月）

5. おわりに

紀の川大堰を含めて，ダム・堰は地域の方々の生活に無くてはならないもの。そのため設備の老朽化に対して信頼性を確保するため設備更新が必要となりますが，一括で仕様を合わせて設備更新できないこともあるため，ゲート機側操作盤と時期をずらして堰コン設備更新を施工する紀の川大堰の実例を報告した。

紀の川大堰は，これからも計画的に設備管理を行い地域の安全・安心に寄与していきたい。