

ダム管理用制御処理設備の更新におけるソフトウェア品質特性への工夫

愛媛県南予地方局須賀川ダム管理事務所
株式会社日水コン西部機電部

専門員 高橋 幸太郎
電気第一課長 園田 康雄

愛媛県須賀川ダムでは、平成4年度から7年度にかけて整備したダム管理用制御処理設備（以下、ダムコン）を27年ぶりに更新することになった（令和4年度末工事完成予定）。更新設計において、最新の標準仕様書¹⁾への適用に加えて、長年培ったダム運用における課題への対応や、初めて設備操作する職員でも容易に大規模洪水に対応できるような補助機能の拡充等、「使用性」「機能性」「保守性」の面で取り入れた工夫について報告する。

キーワード ダム管理用制御処理設備、画面仕様、自動制御、訓練機能

1. はじめに

須賀川ダムは愛媛県南部の宇和島市に位置する、洪水調節及び利水補給を目的とした多目的ダムである。市内中心部にあるJR宇和島駅まで約3km(車で5分)と極めて町に近く、貯水池である若山湖（湛水面積0.22km²）周回（全周約5km）を散歩することで、宇和島市街地の展望や木々に囲まれたトンネル、高さ約30m直瀑の鮎返の滝等の景観を楽しめるため、日常の憩いの場として近隣住民に親しまれている。

須賀川ダムの電気・電気通信・機械設備は、平成2年度～9年度に更新した後、点検修繕しながら運用してきたが、老朽化が進み部品の交換による維持が困難となってきており、令和元年度から約20年ぶりに堰堤改良事業による更新を進めているところである。

2. 設備に必要としたソフトウェア品質特性について

ソフトウェアの品質を評価する基準となる国際規格ISO/IEC 9126(JIS X 0129)では、「機能性」、「信頼性」、「使用性」、「効率性」、「保守性」、「移植性」の6つの品質特性が定義されている。ダムコンに必要なソフトウェア品質特性には、ダムコンを操作する職員の特徴を十分に反映する必要がある。

須賀川ダムで監視及び放流操作を担当する職員には、近年以下のような特徴がある。

- ・人事異動により2～3年で職員が交替すると共にダム操作未経験者の配属が毎年発生する。
- ・定年退職者に伴い職員の新規採用が増えているが、教育を担当しつつ事業をけん引するべき世代が、募集の少ない期間に入庁した世代のため極端に少ない。

- ・近年発生する豪雨への対応で治水用のゲート放流を継続する期間が長期化しているため、人手不足を解消する対策としてダム経験のない土木技術者が在籍する他部署から応援要員を想定し毎年操作訓練を実施している。

今回のダムコン更新では、上述の特徴を考慮して、放流運用の継続に必要なソフトウェア品質特性として以下の機能を取り入れた。

- ・「使用性」…ダム操作初心者でも分かりやすく使いやすいダムコン。→放流操作装置画面の操作性向上（3節）
- ・「機能性」…平常時の利水運用は、操作員の負担軽減に寄与するダムコン。→利水バルブ自動制御機能の拡充（4節）
- ・「保守性」…定期的に操作員が交替しても知識の伝承が支障なく行えるダムコン。→実運用を体感できる訓練機能の提供（5節）

以下、それぞれの内容について説明する。

3. 放流操作装置画面の操作性向上

初めての職場に勤務するとき、職場の共有フォルダ構成が煩雑なことで、必要な資料を探す時間の浪費で心が疲弊した経験は誰しもにある。一方で共有フォルダが階層的に配置され、各フォルダの用途が排反事項として整理され、（工事番号や日付、項番等の）名称により規則正しく整理されているとしたらその組織の業務資産を効率的に理解し、活躍していくための大きな助けとなる。設備にとってのUI（ユーザインターフェース）も職場の共有フォルダ構成と同様で、設備が具備する機能の鏡となる。

ダムコンの監視制御機能の根幹を担う放流操作装置の画面仕様については、標準仕様書¹⁾上では機能を満足するために必要な画面の特徴や画面仕様案について記載はあるが、実情は各製造メーカーが開発し保有している標準的管理画面で納入されるケースが多い。一方で各ダムの役割や設備の構成、運用の人員・方法が違ふことで必要とされる機能も違ふので、ダム職員が使いやすい（機能を活かしたい）と感じるUIの特性については、発注仕様書上で明文化が必要となる。

このため、放流操作装置の画面仕様は、今回のダムコン設計では3社以上の製造メーカーと相談しながら、以下のとおり規定した。

(1) 画面遷移の容易さ

まず当ダムに必要とされる機能と、その機能を担う画面を全て洗い出したのち、種類ごとに階層を分けた系統図を定義すると共に、その系統図に表現した全種類の画面を網羅できるように画面仕様案を作成した（図1参照）。

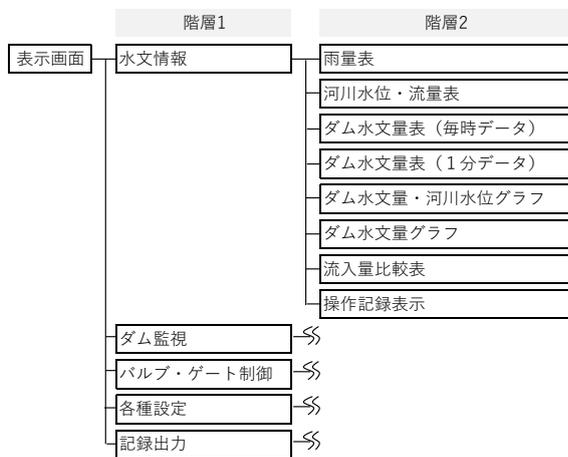


図1 画面系統図

画面の遷移方法は、画面を複数タブで区切る方法や、メニューバーに配置された階層1の項目からプルダウンで必要な画面を選択できる方法等、各社対応可能な方法の違いも考慮し「使用頻度の高い主要画面への画面遷移は2回以内で表示可能とする」という仕様規定により手法を限定しない設計とした。

(2) 一画面で監視できる項目の明文化

「水文量グラフ」（ダム貯水位、流入量、放流量、雨量）については、標準仕様書¹⁾例では河川水位は含まれていないが、ダム運用の際は、雨量→ダム上流河川水位→流入量→ダム貯水位→放流量（増減）→下流河川水位という一連の時系列の関係を即座に把握したいため、「貯水位・流入量・全放流量・流域雨量・河川水位（上流1か所、下流2か所）の相関が確認できるよう、1画面にまとめる機能を設ける」こととした。

項目が多くなることで見づらくなるといふ議論もあったが、筆者は前部署での水力発電設備の監視業務にて、単位の異なる各諸量（発電水量、出力、力率、電圧、回転数、軸受温度、油面、冷却水量、等）を一画面のグラフで見比べながら監視できることが効率的だった経験があるので、支障にはならないと判断した（画面仕様案は図2参照）。

(3) 表示画面のワンクリックハードコピー機能

既設ダムコンのハードコピー機は、ダム運用履歴を振り返りながらの議論や課題発生時の対外的な情報共有において便利に活用できている。標準仕様書¹⁾ではその機能について言及がなく各ダムによることとなっているので、「各画面に印刷機能を設け画面のハードコピーが可能とする。」と定義した。

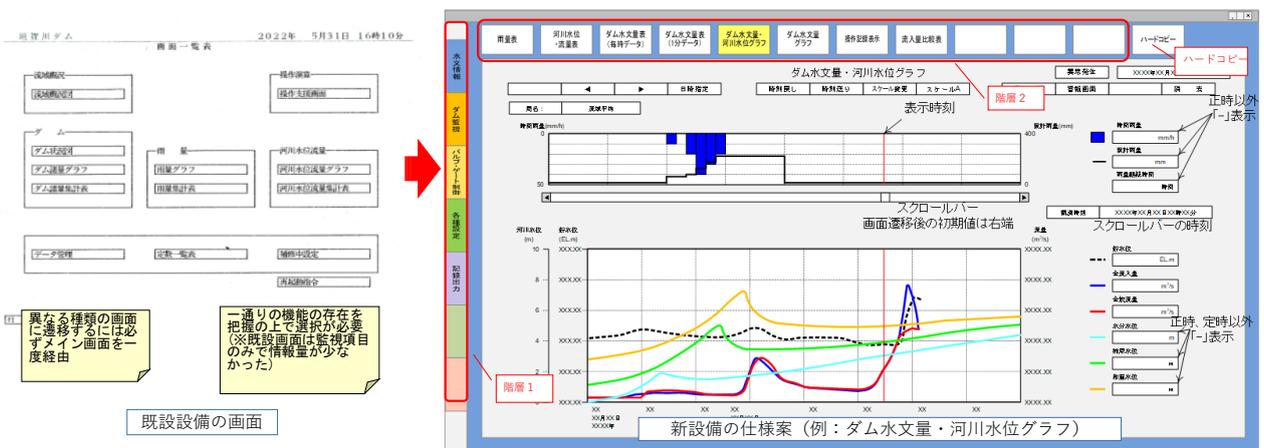


図2 放流操作装置 画面仕様

4. 利水バルブ自動制御機能の拡充

既設ダムコンの利水バルブ制御については、以下の2つの制御状態を自動で切り換える機能を有している(概念図は図3参照)。

(1) 減勢池一定制御(以下、バルブ利水運用と称す)

上水道用の水道局はダム直下に位置している。利水バルブの放流口には減勢池があり、減勢池は浄水場向けの送水管に直結しており、水道局からの需要量に応じて減勢池の水位が増減する。そこで、上水道用水の供給は、この減勢池の水位が一定以上となるように、利水バルブからの放流量を自動調節することで実現している。

(2) ダム貯水位一定制御(以下、バルブ治水運用と称す)

上水道用水に供給しない余水は、減勢池から河川に向けて越流する。この越流した水は、河川維持としての役割を担うと共に、ダム貯水位を設定値以下に維持する目的で余水を調整するという洪水初期における治水の役割も担っている。

この自動制御機能は、これまでも平常時及び洪水初期において職員の負担軽減に大いに寄与してきたが、バルブ治水運用において2つの課題があった。

- ・ダム貯水位設定値が高めだと、突発的な流入量増加時も、貯水位設定値を超えないとバルブが開動作しない。
- ・ダム貯水位設定値を低めに維持すると、再度設定値変更を実施しないと水位回復ができない。

ダム貯水位の設定値は職員にて数秒で変更可能なものであるが、その設定のためだけに職員が長時間待機したり、再度休日出勤したりすることは、非効率で負担にもなっていた。

そこで、この課題を解決するために既設機能に以下の2つのモードを付加することとした。

・流入量追従ステップ設定モード

減勢池設定水位は1つだけだが、貯水位設定値を高低の2値設け、指定した流入量以上になった場合には、貯水位設定値を自動で低めの方に切り換える。

例えば、出水期間中はこのモードに設定しておくことで、突発的な流入量の増加に対して迅速に自動で事前放流を開始できるようになる。

・スケジュール設定モード

最大14日間先まで7セットの日時、貯水位設定値、減勢池設定値を設定できる。

例えば、出水期の末期にて、今晚は引き続きまとまった降雨があるが、翌朝からは晴天の見込みであった場合に、翌朝の設定水位を高めにスケジュールしておくことで、自動で水位の回復を開始できるようになる。

利水バルブ自動制御(改良版)の概念図を図4に示す。この機能改良で、より一層効率的にダム運用を行えるようになる。

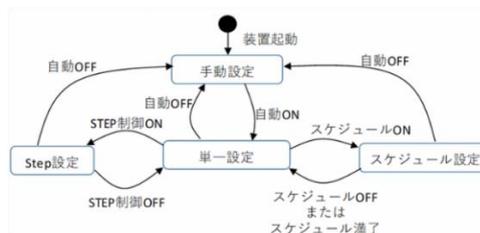


図4 利水バルブ自動制御(改良版)

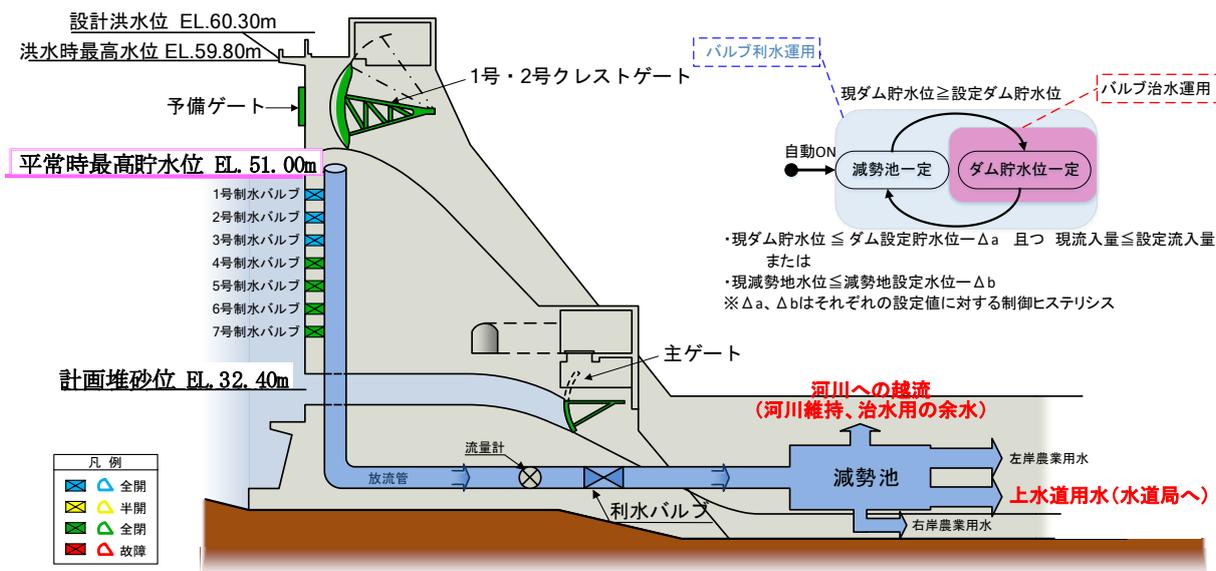


図3 利水バルブ自動制御概念図

5. 実運用を体感できる訓練機能の提供

(1) 実ゲート操作訓練

特にダムへの配属が間もない職員や他課所属の応援職員にとっては、実際のゲート設備を操作しながら、その手順や動作制限を体感することで操作に習熟することが重要である。

当ダムは、2つの治水用の放流ゲートを有している。これらのゲートは、放流中でなくても、操作記録用の保守設定（放流量0設定）を行うことで操作可能である（以下、試験前処置と称す）。

・主放流ゲート（コンジットゲート）

試験・点検時のための予備ゲートを全閉することで、操作可能。

・クレストゲート

ゲート下端が平常時最高貯水位より上部にあるため、操作可能。

当ダムは、以前から試験前処置を講じた上での操作訓練を年に数回実施している。これまでは想定するダム貯水位や流入量の波形を、紙面やパソコンを用いて操作員に伝える形で訓練を実施してきたが、新システムでは、この役割を訓練装置が担うこととした。

具体的には、訓練装置による大きく表示されたダム貯水位、流入量、放流量、ダム時間雨量を操作員が確認し、必要な目標値を操作員が判断した上で、開度設定値一回限り操作により設定し、実ゲート操作を行う。または、遠方手動操作装置を使用して操作員が必要とするゲート開度まで実ゲート操作を行う（概念図は図5参照）。

(2) 訓練結果の評価機能

訓練後にその操作内容を振り返り、スキル向上に役立てるためには、訓練結果の出力内容を定義する必要がある。

そこで、訓練機能評価基準として、以下の項目を設けて、訓練結果を過去の同じ訓練シナリオを用いた複数回の訓練結果データ（訓練実施日時及び登録名称（ユーザ名等任意）含む）と比較及び登録できるものとした。

- ・訓練中の最高水位とその持続時間
- ・訓練中の最大放流量とその持続時間
- ・訓練中の最大放流時の最大過放流量（放流量－流入量）とその持続時間

同一のシナリオに対して、卓越したスキルを有する操作員と、初心者操作員の訓練結果を比較しながら、議論及び指導に役立てることを目的としている。

6. まとめ

今後のダム運用では、未だ経験したことがない豪雨の想定に対応していく必要があるが、熟練した操作員の経験や勘に頼るといった体制では、未来のために持続可能な運用とは言い難い。

今回、27年ぶりのダムコン更新において、当ダムが抱える運用面の課題を分析したうえで、必要な機能を設計した事例を報告した。ダムコンにとってのソフトウェア品質は、操作員の負担を軽減し時間を捻出してくれると共に、あるべきダム運用についての議論の活性化に導く大変重要なものである。

ソフトウェア品質の高いダムコンの設計には、システム設計者の能力も確かに大切ではあるが、日頃より効率的なダム運用についての思いを後世代に引き継いでいく課題の記録や、自ら所属するダムの運用を全てとは思わず、他ダムの職員とも密に情報交換をして、よりよい機能の定義を広く共有していくことが重要だと考える。

参考文献

- 1) 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（平成28年8月）

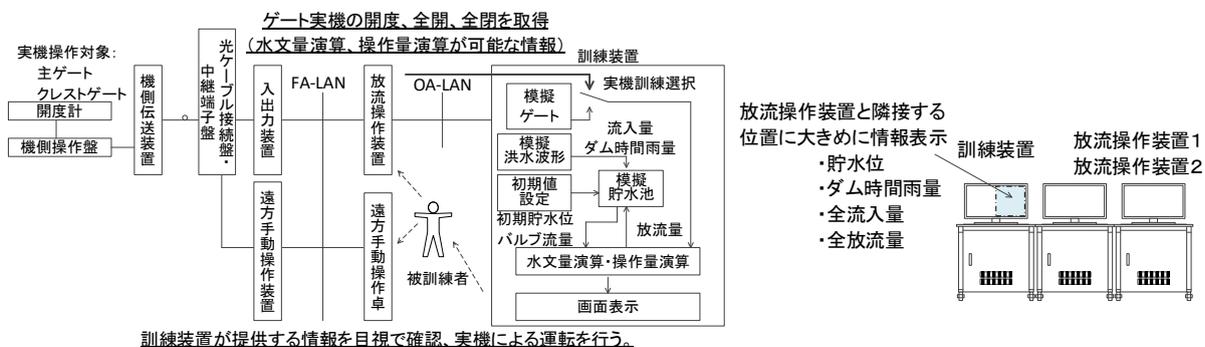


図5 実ゲートを用いた訓練機能