

ダム放流設備の効果的な維持管理に向けた健全性把握について

能登 眞澄¹

¹近畿地方整備局 滋賀国道事務所 管理第二課 （〒520-0803 滋賀県大津市竜が丘4番5号）。

ダム放流設備は高齢化により維持管理費の増加が予想されることから、それらに対し効率的な維持管理を目的とした「ダム用ゲート点検・整備・更新検討マニュアル（案）」（H23.4）が策定された。このマニュアル案では、各設備にあった機器特性、現場条件等の踏まえた維持管理が求められている。これらを踏まえ、近畿地方整備局各ダム放流設備の機器特性、現場条件を考慮した健全状況の把握方法について検討を行った。また、ダム放流設備故障時におけるダム操作要員の故障対応方法の検討を行った。

キーワード 維持管理、健全性把握、危機管理

1. はじめに

ダム放流設備は、高齢化による維持管理費の増加が予想されている。それらに対するため効率的な維持管理を目的とした「ダム用ゲート点検・整備・更新検討マニュアル（案）」（H23.4）（以後「マニュアル」という。）が策定され、各設備毎にあった機器特性、現場条件等を考慮した維持管理が求められている。近畿地整には5ダムの放流設備があり、そのうち4ダムの放流設備について建設後30年以上経過していることから、高齢化による信頼性の低下に対する機能確保のための維持管理費の増加が予想されている。



写真-1 ダム放流設備（天ヶ瀬ダム）

また、ダム放流設備の高齢化、維持管理上の技術伝承

が不十分等によるトラブル発生時の対応も課題となっている。

本報告はこれらダム放流設備の維持管理費の縮減、トラブル発生未然防止を目的として、マニュアルを踏まえたダム放流設備維持管理担当者（以後「ゲート管理担当者」という。）が各機器の健全性の判断や不具合の対応できる健全性・把握の手引き、ダム操作要員がゲート故障等トラブル発生時の緊急時対応で的確な行動がとれる故障時緊急対応手引きの作成を行った報告である。

2. 概要

各ダムのゲート管理担当者がダム放流設備の健全性の把握とダム操作要員が故障時対応を行うために現状の管理体制やダム放流設備の課題を把握し、それら課題に対応する維持管理手引書を作成した。

検討の実施に当たっては、図-1 維持管理手引書作成フローのとおり行った。

維持管理に関する課題抽出としてゲート管理担当者のヒアリングにより設備管理体制の課題、現場調査によりダム放流設備の課題、ダム管理者のWGによりダム放流時の課題を抽出した。

抽出した課題に対応するため、ゲート管理担当者やダム操作要員が設備に関する理解を深め、実際の現地で使用できる手引書を作成することとした。

手引書作成は、健全性把握に関しては設備の特性、年点検結果等で報告された過去の不具合事例から、健全性把握の着目点を検討・選定し、健全性把握シート、不具合事例シートを作成した。故障時の緊急対応に関しては、

発生している不具合事例の理解と機器類の状態把握を行的確な情報を伝える故障発生報告シートの作成や、簡単な故障機器類のリセット操作、予備回路等への切換え操作について解説した緊急対応シートを作成した。

作成した手引書（試行版）をWGによる意見、現地試行結果による修正を行った。

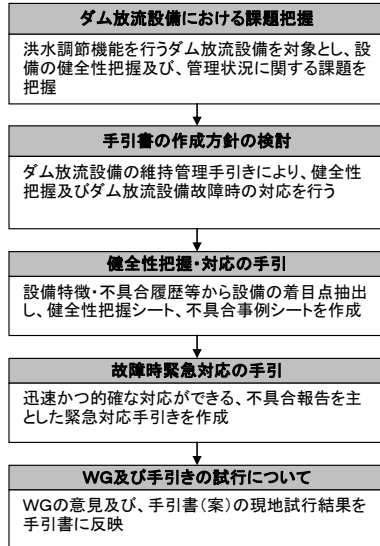


図-1 手引書作成フロー

3. ダム放流設備における課題把握

(1) 管内におけるダム放流設備の現状

近畿地整には5ダム（猿谷ダム、天ヶ瀬ダム、九頭竜ダム、真名川ダム、大滝ダム）の放流設備があり、そのうち4ダムの放流設備について建設後30年以上経過し、高齢化による信頼性の低下が懸念される。

今回、健全性把握・対応の手引き及び、故障時緊急対応の手引きの作成は、治水ダムの機能である洪水調節等を行う、天ヶ瀬ダム、真名川ダム、猿谷ダム、大滝ダムの放流設備（表-1）を対象とした。

表-1 対象ダムと対象放流設備の概要

ダム名	天ヶ瀬ダム	真名川ダム	猿谷ダム	大滝ダム
完成年	1964年	1979年	1958年	2012年
ダム形式	アーチ式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム	重力式コンクリートダム	重力式コンクリートダム
放流設備	常用放流設備	常用放流設備	洪水吐設備	常用放流設備
ゲート役割	洪水調節	洪水調節	洪水放流	洪水調節
ゲート形式	高圧ローラゲート	高圧ローラゲート	2段式ローラゲート	高圧ラジアルゲート
門数	3門	2門	4門	3門
径間×高さ	3.42m×4.58m	3.90m×3.90m	10.7m×10.7m	5.0m×6.3m

(2) ダム放流設備の健全性把握における課題把握

従来、ダム放流設備の健全性把握は「ゲート点

検・整備要領（案）」（一般社団法人ダム・堰施設技術協会）（以後「ゲート点検・整備要領」という。）により点検を行っていたが、平成23年5月からマニュアルにより行うこととなった。これにより各設備構造、特徴、現地条件を考慮し点検内容を設定し点検を行うこととなった。これらを状況を踏まえダム放流設備に関する課題把握を行った。

課題把握は、ゲート管理担当者へヒアリング、各ダムへ現地調査、過去の整備履歴、年点検結果の調査により現状把握を行い、その結果から課題抽出を行った。健全性把握における現状把握は表-2のとおりである。

表-2 ダム放流設備の健全性における現状把握

項目	現状把握
構造の特徴	・ダム放流設備は、製作当時の高度な技術が使われ、構造が複雑
技術の伝承	・ダム放流設備維持管理担当者が2～3年で移動する。 ・ダム点検契約方式が単年度の一般競争のためダム点検業者が毎年換わる可能性がある。
年点検結果・整備履歴の活用	・過去の年点検結果や整備履歴は記録されているが、体系的に整理し設備の弱点等を抽出する等の活用はされていない。

機械構造の課題としてダム放流設備は、製作当時の高度な技術が使われていることから各設備で健全性把握を行う方法が異なる。常時は稼働していないため、稼働状態の変化がわからず、劣化状況の把握が難しい等の課題がわかった。また、30年以上経過した設備もあり、老朽化により今まで起こりえなかった新たな不具合が発生する可能性がある。

点検体制の課題としては、従前はゲート点検・整備要領で点検項目・内容の標準が定められており、各設備構造にあった点検方法については、ゲート管理担当者やゲート点検業者の技術力により健全性を把握していた。しかし、ゲート管理担当者は各ダムで2～3年で異動する、ゲート点検業者は単年度一般競争のため毎年変わる可能性がある。

これらのことから、各設備の健全性把握の留意事項、設備にあった点検方法、設備の特徴が伝えられない可能性があることがわかった。

その他に、年点検結果や整備履歴の活用にかかる課題として、過去の年点検結果や整備履歴は保管されているが継続的に整理し、設備の弱点等を抽出する等の活用はされていない等の課題がわかった。

(3) ダム放流設備の管理体制における課題把握

ダム放流量調節はダムの重要な機能であることから、ダム放流量調節を行うダムゲート操作体制を中心とした管理体制について課題把握を行うこととした。

管理体制の課題把握はゲート管理担当者へヒアリング、各ダムへ現地調査及び各ダム維持管理者により開催したWGにより現状把握を行い、その結果から課題抽出を行った。管理体制における課題把握は表-3のとおりである。

表-3 管理における現状把握

項目	現状把握
管理体制	・ゲート維持管理担当者がダム管理支所に常駐していない。 ・夜間、休日のゲート操作を1人の要員で行っている。
緊急時の対応	・故障発生時の復旧操作は、ゲート構造・操作方法を熟知し高い技術力が求められる。

ダム放流時のダム操作体制は、ダム管理支所職員が交代で行い、ダム放流が長期間になれば事務所職員がダム操作要員に加わり交代でダム操作を行っている。

ダム操作体制としては平日は管理支所職員全員がダム放流操作を行い、夜間・休日では交代で1名がダム操作要員としてダム操作を行っている。

このことから平日夜間・休日のゲート故障等のトラブル時には1人のゲート操作要員でトラブル対応となる。対応はゲート管理担当者及びゲート点検業者へ連絡を行い、それらゲート構造・故障復旧操作方法を熟知した者がダムへ急行し故障復旧を行う。

このトラブル対応で故障状況の報告が迅速かつ的確にできなければ、緊急対応に遅れが生じる可能性があることがわかった。また、ダム放流設備は構造が複雑のため、故障状況確認及び復旧操作等のについては訓練と技術力が必要であることがわかった。

4. ダム機械設備の維持管理手引書の作成方針

(1) ダム機械設備の維持管理手引書の作成方針

いままでで明らかになった課題の対応方法の検討を行った。平日夜間・休日のダム操作要員の増員や、点検業務の複数年契約への変更などの契約制度見直しについては、人員体制の変更や契約制度変更にもなう検証を行わなければならないため、速やかな対応ができない。

そのため、現在の維持管理体制で課題に対応できる、職員の技術力向上を促し維持管理の参考となるダム機械設備の維持管理手引書（以後「手引書」という。）を作成することとした。手引書は設備の維持管理の原点である健全性の把握を行うことができる健全性把握・対応の手引きと、ゲート故障時等の緊急時におけるゲート操作要員の対応を記載した故障時緊急対応の手引きを作成することとした。

(2) 健全性把握・対応の手引

健全性把握・対応の手引きは、マニュアルの考えを踏まえ通常の維持管理の中で各機器の健全性の判断や不具合対応方法を把握できるものとした。通常のダム放流設備の維持管理は、出水期前に行う年点検にて管理運転、分解点検で設備機能及び健全性の把握し、月点検にて管理運転を行い設備機能の確認している。点検で不具合が発見すればさらなる詳細点検を行い、その結果をもとに設備改修を行っている。この健全性を把握する年点検の中でゲート管理担当者やゲート点検業者が替わっても問題なく健全性を把握できる手引きを作成することとした。

作成は設備の特徴、現場条件、使用条件を考慮することから、各放流設備毎に設備構造・特徴の視点と、過去の不具合事例からの視点で健全性把握を行う方法について検討を行った。

設備構造からの視点は、設備を構成している機器・部品に分け、機器故障時に放流設備の稼働に支障をきたす致命的機器を抽出した。（図-2）過去の不具合事例からの視点からは、これまで発生した不具合機器・時期及び不具合に対する対応方法について整理を行い、設備の特徴から発生しやすい不具合とその対応方法を整理した。この機器の重要度と発生しやすい不具合及び対応方法から健全性把握を特に行わなければならない機器及び、点検で確認する内容を整理することとした。

また、過去の不具合事例とその対応方法は維持管理担当者が不具合時に対応方法を決定する際に有用になることから、重要不具合事例について各放流設備毎にとりまとめることとした。

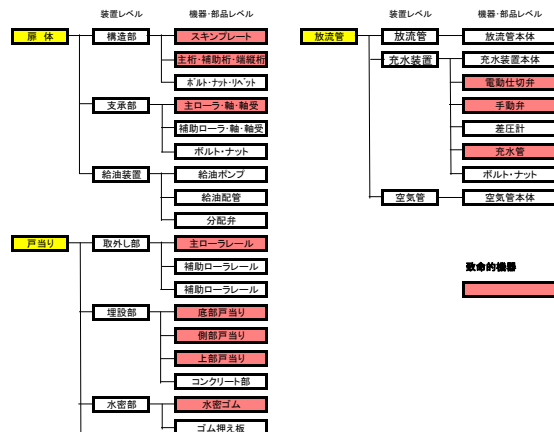


図-2 致命的機器の抽出例

(3) 故障時緊急対応の手引き

ダム操作に支障があれば放流調節操作に大きな影響を与えることから、できる限り故障対応の迅速化を図る必要がある。この対応の迅速化するためにゲート故障時の対応方法を記載した故障時緊急対応の手引きを作成することとした。

手引きはゲート管理担当者ではなくダム操作要員を対象とし、迅速にゲート管理担当者やゲート点検業者へ故障状態の必要情報を共有化するとともに、故障に対する故障復旧操作を行える手引きとした。対応内容としては、ゲート構造・故障時の特殊な復旧操作をすべてゲート操作要員が行うことが困難なことから、訓練を1～2回行うことにより習熟できる内容とした。

また、ゲート操作要員の故障確認時、故障復旧操作時の安全を確保し、故障時の復旧操作による二重故障が起こらない対応方法とした。

5. 健全性把握・対応の手引

(1) 設備概要

ゲート管理担当者が異動時にスムーズな設備構造・特徴の把握ができるように設備概要を作成した。

設備概要は、ゲート管理担当者が健全性把握に必要な設備構造・特性を理解できる資料とし、設備の特殊構造(図-3)、点検困難箇所や、機器・部品レベルの致命的な機器、特に重要である制御の保護装置等について記載した。

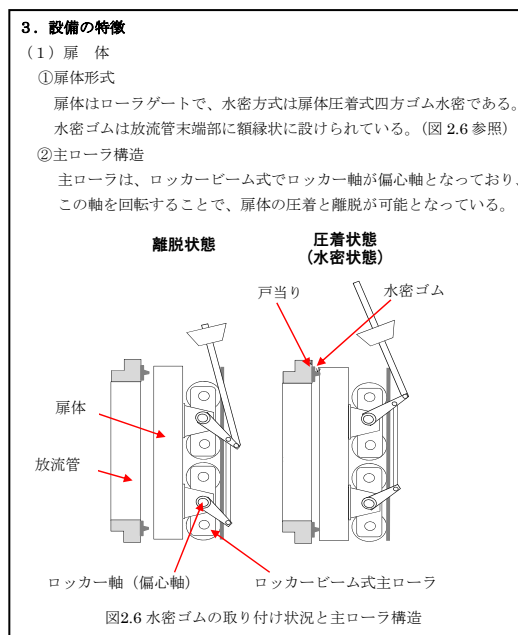


図-3 設備構造説明例

(2) 健全性把握・対応のチェックシート

健全性把握・対応のチェックシートは、実際の年点検に使用できるように、現在使用されている年点検チェックシートの項目に沿って健全性把握の着目点を記載した。(図-4)これにより、年点検前にゲート管理担当者とゲート点検業者が確認的確認な年点検を実施、年点検結果報告時に設備状態の把握ができるようにした。健全性把握の着目点として現地点検時の留意事項、狭隘な場所などの点検が困難な箇

所の対応方法や不具合発見時の追加点検方法等を記載した。

<健全性の把握・対応のチェックシート>

致命的機器 天ヶ瀬ダム 常用放流設備 主ゲート（コンジットゲート）				(着目点の記号の説明) ○：点検前の留意事項 ●：点検後の確認事項	
区分	項目	点検内容	点検結果	判定基準	健全性の把握・対応の手引
圧着装置	ベベルギアボックス	異音、振動、発熱	中	運転中、通常に比べ異常な音、振動、発熱がないこと。	○●扉体圧着装置からの潤滑油やスピンドルカバーと扉体圧着装置との接続部から雨水浸入ありとの報告があるので、注意すること。 ○扉体圧着装置内面に異音がないことを確認すること
		変形、損傷	前	取付ボルトに地みがないこと。	
	潤滑油の汚れ	変形、損傷	前	油汚れがないこと。	○扉体圧着装置内面に異音がないことを確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	
	回転レバー	変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	○扉体圧着装置内面に異音がないことを確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	
	圧着確認	変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	○●圧着度計数値と実際の圧着量が整合しているか確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	
	圧着度計	変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	○●圧着時、離脱時の圧着度計の数値が規定値を表示しているか確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	
圧着度計	圧着度計	変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	○●圧着時、離脱時電動モータ及びベリカル減速機から異音や振動が発生していないことを確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	
	圧着度表示状態	変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	○●圧着時、離脱時電動モータ及びベリカル減速機から異音や振動が発生していないことを確認すること
		変形、損傷	前	変形、損傷していないこと。	

図-4 健全性把握チェックシート例

(3) 不具合事例シート

不具合事例シートには、過去に発生した不具合事例を示すことにより設備の弱点を示し今後の維持管理の着目点として活用できる内容とした。(図-5)

なお、不具合事例は当該設備の不具合事例だけでなく、他の設備で発生した不具合についても構造上発生が考えられる不具合については確認ができるように工夫した。

不具合事例 個数 No.	天ヶ瀬一主-F-008	点検結果 数値表 No.	16 24 71
設備名	コジット主ゲート		
装置	扉体圧着装置		
機器・ 部品名	制限開閉器		



制限開閉器(リミットスイッチ)

1. 不具合事例の内容

圧着装置用の制限開閉器ボックス内端子台が発熱・腐食している。

2. 放置した場合の問題

- ・現状のまま放置すると接続不良などが起こり、通常の動作が来ないことが考えられる。
- ・圧着装置用制限開閉器に不良が発生すると扉体の開閉操作に致命的な支障をきたす致命的な機器である。そのため故障する前にとりかえる予防保全を行う

3. 推定原因

- ・気温の急激な変化による結露の繰り返し
- ・パッキンの劣化・損傷による放流水の浸入

4. 対応策

- ・制限開閉器ボックス内端子台のみが発熱している場合は、ボックス内端子台のみ交換する
- ・制限開閉器ボックス内全体が発熱している場合は制限開閉器を交換する

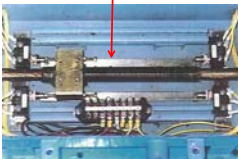


図-5 不具合事例シート例

6. 故障時緊急対応の手引

(1) 設備概要

ダム操作要員は普段は放流設備の故障状況確認、故障復旧操作等をしていないことから、対応方法のみを記載しても対応が難しいと考え、故障対応を行う設備の配置(図-6)、役割、点検を行う機器や計器類の配置図(図-7)等の設備概要を記載した。

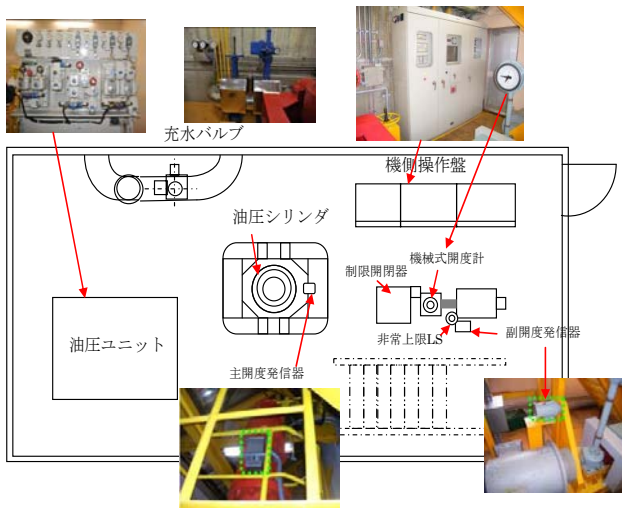


図-6 故障時緊急対応手続き設備概要例(設備配置)

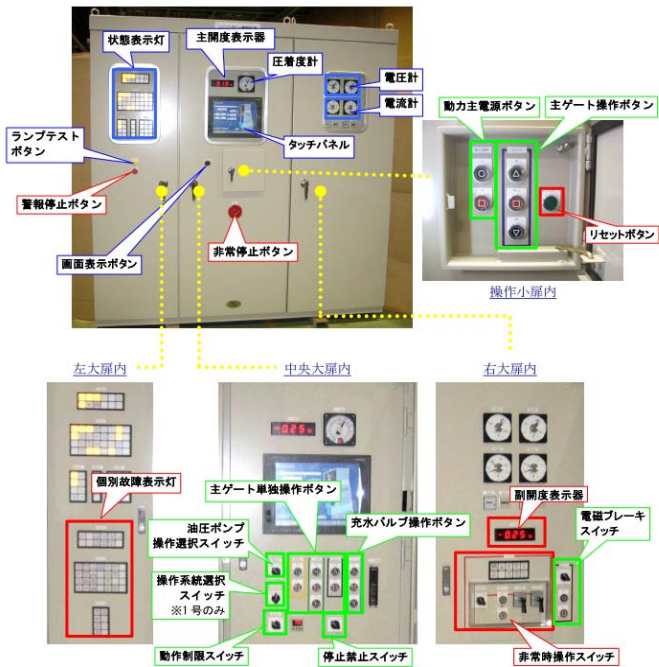


図-7 故障時緊急対応手続き設備概要例(計器配置)

(2) 故障時の対応シート

a) 故障時の対応の流れ

故障時の対応の流れは、遠方操作卓において故障発生を確認したのち、他号機での振替運用を検討するとともに、機側操作盤での詳細な故障内容の確認、故障復旧操作となる。

これらの故障時の対応を迅速かつ正確に行えるように、故障対応フローに故障状況毎の対応を記載した。故障対応フローはゲート操作要員が対応可能なようにわかりやすく記載した。(図-8)

この故障対応フローにより故障発生報告及び、故障復旧対応を行う。

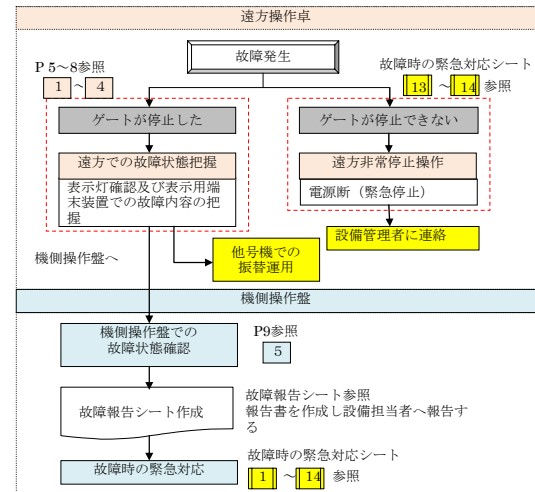
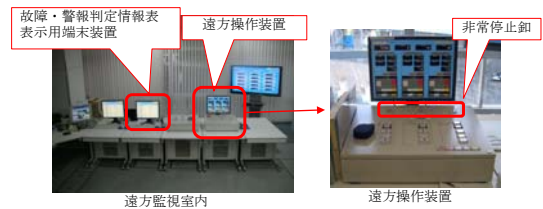


図-8 故障対応フロー例

b) 故障発生報告シート

故障発生時にはダム操作要員が、ゲート管理担当者及びゲート点検業者へ故障状態を報告する必要がある。故障状態を迅速かつ正確に報告するために、表示機器等の状態をそのまま故障報告シートに転記できる計器配置と同じ配置のシートとした。(図-9)

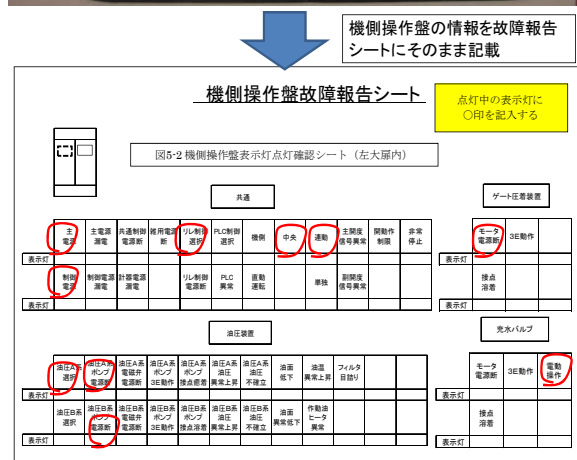


図-9 故障内容確認シート例

c) 緊急対応シート

緊急対応シートは、故障内容を確認したのち、ダム操作要員でも緊急対応が可能な内容を記載した。

緊急対応として冗長機能(二重化機能)を利用した二重故障が起こらない対応方法を主として写真等を使いわかりやすく記載した。(図-10) 緊急対応により職員に危険性が予想される場合は緊急対応を行わず機器状態報告のみを行うこととした。



図-10 緊急対応シート例

7. WG及び手引きの試行について

手引きの精度向上、実際の現場で使用できるものを作成することを目的として、各ダム管理者による「ダム機械設備の維持管理手引書作成に関するWG」の開催及び、現場での試行を行った。

WGではダム放流設備に関する課題把握、手引きの作成方針決定及び、手引き(試行版)の意見照会をおこなった。WGでの主な討議内容として、健全性把握・対応の手引きの位置付け、故障時対応手引きでダム操作要員がどの程度まで故障復旧操作を行うかを決定した。

また、作成した手引き(試行版)で、大滝ダムの常用放流設備、計画水位維持放流設備および天ヶ瀬

ダムの常用放流設備において、健全性評価シートによる試行点検、故障時対応手引きによる故障時の緊急対応操作等を行った。試行で発見した項目として、健全性評価では現地の水位条件による点検できない場合の対応の追記が必要、故障時対応は手引書(試行版)では一般ゲート操作要員には故障復帰操作について習熟度が高く難しいとのことであった。これら試行で発見した項目について手引きの修正を行い対応した。



写真-2 手引きの試行状況 (大滝ダム)

8. 今後の課題

本手引きは試行により現地で使用し、その内容をフィードバックを行ったが、全ての部品の特徴や点検時の留意点を網羅できていないと考え、さらに実際の維持管理で使用し、より実態に合うものにブラッシュアップしてゆく必要がある。その他に、設備老朽化にともない新たに発生した不具合項目、機器交換・更新が行われた場合の手引きの内容更新が必要である。

また、設備の管理体制の見直しや点検業務の複数年にするなど契約制度の見直しについても検討を行う必要があると考える。

なお、本報告は近畿技術事務所における技術管理業務の成果であり、著者が現所属の滋賀国道事務所に異動する前の近畿技術事務所での成果を取りまとめたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省：「ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル(案)」, 2011
- 2) 一般社団法人ダム・堰施設技術協会：「ゲート点検・整備要領(案)」, 2005