

横山ダム洪水吐きゲートの遠隔操作について

岡田裕也¹

¹木曽川水系ダム統合管理事務所 管理課（〒500-8801 岐阜市忠節町5-1）

ダムの操作はダムに隣接した管理所で行うのが原則であるが、参集経路の遮断などの要因により職員が管理所に参集できなくなる危険がある。このような非常時においても、支障なく洪水吐きゲートの操作が可能となるよう、横山ダムでは管理所に参集できなくてもゲートの遠隔操作を可能とするための施設整備等を実施したものである。

キーワード：横山ダム，洪水吐きゲート操作，遠隔操作

1. 背景

ダムは洪水調節、水資源の開発、発電等を行うことにより、国土の保全と国民の安全を確保するとともに、国民生活や産業を支える重要な社会資本である。

直轄管理ダムにおける洪水吐きゲート（以下「ゲート」という。）の操作については、機器の信頼性や洪水時に生じる予測困難な事態に対する安全性及び確実性、並びに危機管理への対応等の重要性から、ダムから遠く離れた場所からの遠隔操作は行われていなかった。しかし、ダムは山間部の僻地に建設されることが多く、土砂崩落や雪崩等によってダム管理所への通常経路が途絶する等の事例が発生している。また、近年では、地球温暖化等に伴う降雨の局地化、激甚化、更には巨大地震の発生も危惧されており、現地でのゲート操作が困難になるというリスクが増大している。

横山ダムにおいても、2000年3月5日にダムサイト左岸において法面崩壊が発生し、国道303号が通行止めとなったほか（図-1）、近隣地域でも土砂災害が度々発生している。また、土砂災害以外にも、大雨、大雪、雪崩等により、道路が途絶された事例（図-2）もあり、管理所でのゲート操作が困難となるリスクを有していることから、遠隔操作の必要性が高まっていた。

そのような中、2016年に「ダムの洪水吐きゲートに係る遠隔操作の導入指針（案）」が作成され、横山ダムが試行対象ダムの一つに選ばれるとともに、2017年度から進めてきた施設整備が、2022年度に完了することに伴い、現在、試行操作に向けた作業を進めているところである。

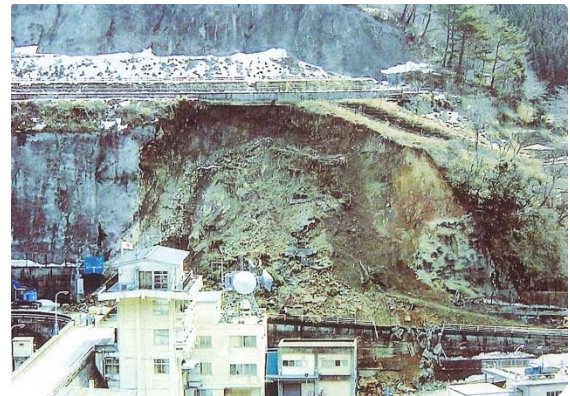


図-1 ダムサイト左岸法面崩壊（2000年3月）



図-2 積雪による交通規制（2006年12月）

2. 横山ダムの現状

(1) 横山ダムの概要

横山ダムは、岐阜県の西部、木曽川水系揖斐川（幹川
流路延長121km）の河口から80kmの所に位置し、洪水調
節、発電を目的とした、高さ80.8m、堤頂長220m、流域
面積471km²、総貯水容量40,000千m³の中空重力式コンク
リートダムで、オリフィスゲート（常用洪水吐きゲー
ト）3門、クレストゲート（非常用洪水吐きゲー
ト）2門を有している（図-3、図-4）。



図-3 横山ダム位置図

(2) ゲート操作方法

横山ダムにおけるゲート操作は、現在、機側操作と遠
方操作の二つの方式で行っている。

a) 機側操作

機側操作とは、オリフィスゲート、クレストゲートの
機械室にある機側操作盤（図-5）において、操作員が手
動で開閉スイッチを操作するものであり、ゲート操作の
基本となる方式である。

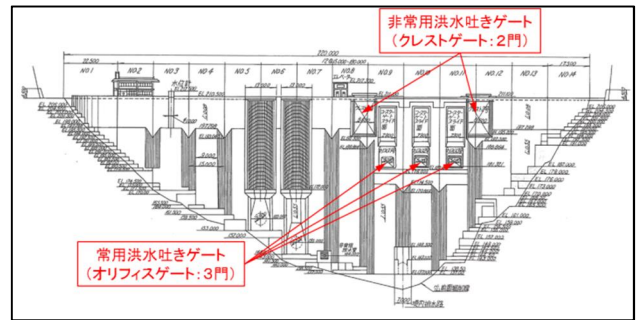


図-4 横山ダム上流面図



図-5 機側操作盤（オリフィスゲート）



図-6 操作室（横山ダム管理支所内）

b) 遠方操作

遠方操作とは、横山ダム管理支所（以下「支所」とい
う。）の操作室（図-6）において、ダム管理用制御処理
設備（以下「ダムコン」という。）によりゲート操作を
行うものである。遠方操作では、手動操作（職員が手動
で操作卓の開閉スイッチを操作）、設定値操作（職員が
設定した放流量等の目標値に対してダムコンが演算を行
い、算出されたゲート開度等を操作員が確認した上で
ゲートの起動スイッチを押す1回限りの開閉操作）、半
自動操作（ダムコンが操作規則に基づくゲート操作のた
めの演算を行い、算出されたゲート開度等の操作目標値
を職員が確認した上でゲートの起動スイッチを押す、継

続的な開閉操作) の三つの方式が可能となっている。。

3. 遠隔操作に必要な設備

横山ダムには、管理支所から約20km下流の揖斐郡揖斐川町の市街地に情報の収集や職員の集合場所として整備されていた連絡所があり、この施設を遠隔操作を実施するために改修し“分室”とした。

(1)遠隔操作設備の抽出

「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 国土交通省」(以下「標準仕様書」という。)によると、遠隔操作処理は遠方操作における操作と同様の操作機能を有することとなり、遠隔操作に必要な設備について標準仕様書に準拠して、操作設備、情報収集・伝達設備、電源設備、遠隔監視設備を整備することとした。(表-1)

表-1 標準仕様による遠隔操作場所に整備する装置

分類	名称	設備区分	操作の種類		ダムコン仕様規定	備考
			洪水吐き操作	利水運用操作限定		
操作設備	(1)遠隔操作装置	ダムコン	●	●	○	
	(2)遠隔手動操作装置		●	▲	○	
	(3)非常停止スイッチ(SW)		●	●	○	
	復帰スイッチ		●	●	○	
情報収集・伝達設備	(4)警報盤	関連設備	●	▲	○	ベル・ブザー・ランプ
	(5)水文情報収集表示装置		●	▲	△	チャイム・ランプ
	(6)FAX、電話		●	●	—	
	(7)放流警報用ディスプレイ		●	▲	△	
電源設備	(8)CCTV操作端末	関連設備	●	▲	—	
	(9)無停電電源設備、非常用予備発電設備		●	▲	—	
	(10)遠隔監視設備		●	▲	△	

凡例(用途区分): ●必須 ▲オプション
凡例(仕様規定): ○規定 △関連 —規定無

(2)操作設備について

遠隔操作設備にはダムコンの制御を介してゲート開閉を行う遠隔操作装置と、遠方手動操作装置を介してゲートへの直接制御を行う遠隔手動操作装置の二種類があり、支所のダムコンや通信設備に障害が発生した場合でも遠隔操作が可能となるよう、遠隔操作装置と遠隔手動操作装置は、別系統で支所へ接続することとした(図-7)。

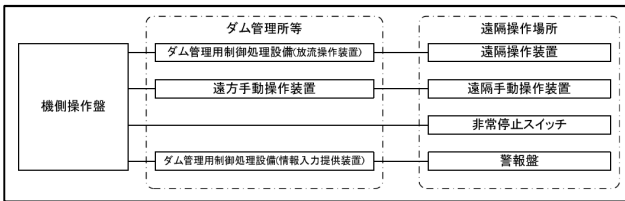


図-7 システム構成図

加えて、操作中の異常動作等によるゲート制御不能への対策として、緊急時の非常停止スイッチを設けており、当スイッチについても系統を別として接続することとし

ている。

非常停止を実施した場合、復帰は機側操作盤で原因を確認してから盤内のブレーカを操作する必要があるが、遠隔操作実施時には機側操作盤での復帰が出来ないことから、対策として遠隔操作可能な自動復帰型ブレーカを各ゲートの機側操作盤に取り付けることで、遠隔による復帰を行うことができるようにした。(図-8)

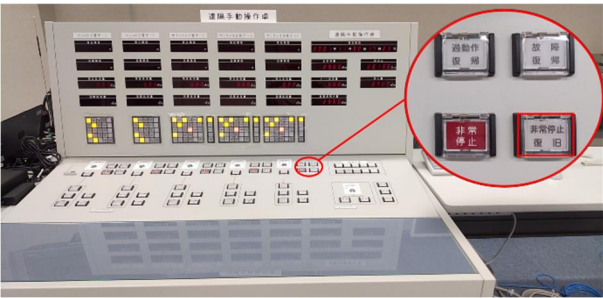


図-8 遠隔操作卓の非常停止復旧ボタン

また、操作設備の仕様については、標準仕様書に従った検討を行った。遠隔操作装置はF Aパソコン、遠隔手動操作装置は遠方手動操作装置と同じ操作卓式(図-9)を採用することとした。これは、更新までの15年間のライフサイクルコストが安価であり、遠方手動操作装置と同じ操作性が確保されることで、誤操作が生じにくくなるためである。

これにより分室の機器レイアウトを支所とできる限りあわせることができ、操作性の向上と誤操作の防止を図っている。



図-9 機器レイアウト状況

4. 遠隔操作への体制と補完設備

ゲートの遠隔操作を導入するにあたって、必要な要素について体制の検討と設備整備を行った。

(1) 遠隔操作時の体制

ダムのゲートから放流を行う場合、関係機関への通報、流入量の予測、設備の放流前点検、ダム下流河川の安全確認（河川巡視）、サイレンによる警報等、多くのステップを踏む必要がある。

ゲート操作は、通常、職員が支所に出勤し、ダム管理支援業務委託者（以下「委託者」という。）の支援を受けた6人体制で、前述のステップを踏んだ上での機側又は遠方操作によって行っているが、土砂災害等による道路途絶のため、職員が支所に出勤できなくなった場合には、直ちに遠隔操作へ移行することとなり、職員は分室へ参集、分室において必要なステップを踏んだ上で、遠隔操作を実施することとなる。

また、後述する迂回ルートを利用し、支所へ移動する要員も必要となることから、遠隔操作時は応援職員を確保する等の対応も必要である。なお、迂回ルートで職員が支所へ到着した時点をもって、遠隔操作を解除することとしている。

(2) 職員不在時の対応方法

想定外の非常時に際して、支所から全ての人員が避難する必要が生じた場合を除き、支所には休日、夜間においても宿日直（委託者）が常駐している。遠隔操作時においても、ゲート放流前の機械設備の点検は操作規則等に従って実施することが望ましいが、宿日直の委託者1名で対応することは困難であるため、放流前点検の補完策として、操作支援システムや簡易カメラ等を設置することとした。

a) 操作支援システムの設置

現在の職務権限では、ダムの操作は職員が行い、委託者は補助的な業務を行うこととなっており、委託者が直接作業することはできないため、遠隔操作時には、職員の指示の下で、委託者が簡単な点検、確認等の作業ができるようにすることが望ましい。

そのため、設備に精通した職員が分室から確認と指示を行えるよう、ウェアラブルカメラを搭載したヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた操作支援システムを設置した（図-9）。この操作支援システムを用いることで、委託者は分室にいる職員からの口答指示とHMDに表示されるマニュアルを使用して作業を行うことが可能となる。また、指示の音声やデータ送受信のために、ダム監査廊内等必要な箇所にWi-fiルータを設置した。

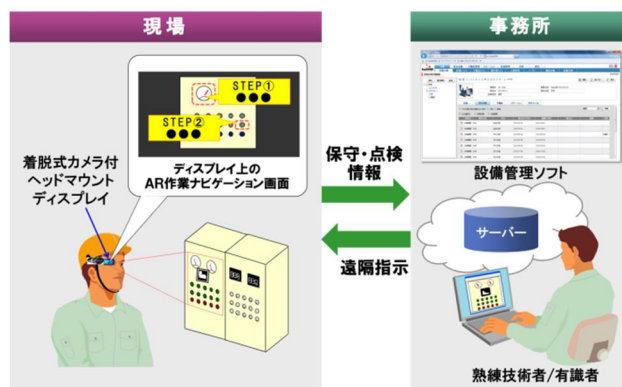


図-9 HMDを活用した遠隔作業

b) 簡易カメラによる目視確認

操作支援システムは装着者の視界のみが分室のモニターに表示されるため、職員による状況の把握が難しい場合があります。そのため必要な箇所に簡易カメラを設置し、俯瞰的に状況確認ができるようにした（図-10）。また、これらのカメラは必要に応じて操作をすることで、設備の状況を直接確認することも可能である。



図-10 簡易カメラの設置状況（オリフィスゲート）

(3) 放流時巡視の補完策

放流前の注意喚起として、放流警報の吹鳴を実施するとともに、吹鳴確認と安全確認を目的とした警報車による巡視を実施しており、遠隔操作実施時にも対応する必要があります。

そのため、放流警報装置操作端末と移動無線遠隔制御器を分室に増設し、遠隔での制御を可能とした。

また、巡視ルートは通行止めになるリスクがあることに加え、迂回ルートがない区間があるため、主要箇所にCCTVカメラを増設することで、画像で河川利用状況を確認するとともに放送機能により注意を促すことで対応することとしている（図-11）。

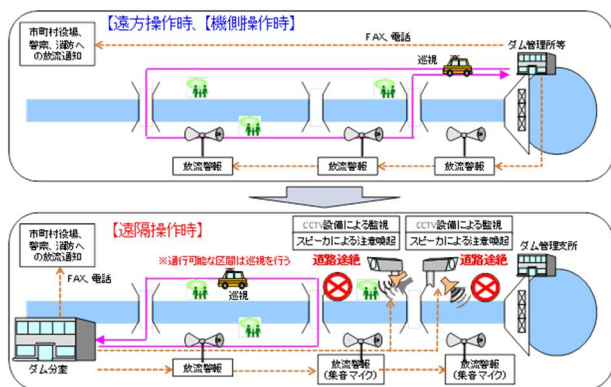


図-11 河川巡視の補完イメージ

(4) 緊急時の迂回ルートの見直し

遠隔操作は、通行断絶時の非常手段として位置づけていることから、遠隔操作対応中にできる限り早く支所に職員がたどり着き、遠方操作へ移行する必要がある。そのため、通常ルートの迂回路となる経路について事前に調査を行った。調査の結果、通常ルートのほかに対岸ルート、徳山周りルート、大回りルートの3ルートが考えられた。(図-12)

迂回ルートについては一つに絞ることはせず、それぞれのルートごとに所要時間のほか通行規制箇所、土砂災害危険箇所、携帯電話の不通エリアの有無、ガソリンや食料調達に係る施設について調査、整理を行っている。

被災時には迂回ルートの通行規制の情報、気象状況等による土砂災害のリスクの判定や必要な物資の調達などの条件を考慮し使用するルートの選択を行うことにしている。また、迂回ルートの情報については、適宜見直しを行い最新のデータに更新することとしている。

これらの迂回路がすべて使用できない場合は、ダム近傍の臨時ヘリポートへヘリコプターにより移動することとなる。



図-12 迂回ルート

5. 今後の予定

ハードウェア面では、支所～分室の光ケーブル接続と総合動作試験について2022年9月に予定しており、それ以降は遠隔操作が実施可能となる。

また、ソフトウェア面としては、管理支所へ出勤できない非常時に対応するための洪水吐き遠隔操作の方法、情報収集および伝達方法について整理した「洪水吐き遠隔操作要領」のとりまとめを進めている。

併せて、遠隔操作の実施判断、HMD等の各種機器の操作方法、ゲート操作時の点検内容、河川巡視や迂回路についての情報収集等、必要な作業を「洪水吐き遠隔操作運用マニュアル」として作成しているところである。

設備完成後に試行操作を実施する予定としているが、実際に遠隔操作でなければ対応できない事象は頻繁に起きないため、試行操作は定期的の実施していく必要がある。

試行操作では、安全に操作が行える体制を整え、中小の出水を対象にして実際にゲートの遠隔操作を行い、操作要領、操作マニュアルの確認、委託者への教育・連携方法等、確実な遠隔操作実施のための課題について洗い出し、改善していくこととなる。

ハードウェア構成についても、主要光ケーブルの被害地点等、被害想定により必要な冗長化機能が異なるため、試行操作等を実施していく中でより堅牢な設備へと改善していく必要がある。

6. 最後に

過去に経験したことのないような激しい降雨などの異常気象が頻発している中、ダムによる洪水調節の重要度は増している。地域の安心のため、参集経路の途絶等により職員がダムにたどり着けない状況になっても危機管理上の手段として、ダムの洪水吐きゲートの遠隔操作により、確実に洪水調節が行える設備、体制を整えたいと考えている。

近年は、計画規模を超える洪水、事前放流への取り組み、再生エネルギー活用などダムに求められる役割がますます多様化してきているが、遠隔操作の信頼性が向上することにより、非常時以外での遠隔操作が出来るようになれば、ダムに求められる多様な目的に迅速に応えていくことが出来ると考えている。そのためにも試行操作を通じて信頼性の検証と改善を行い、遠隔操作の確実な運用を進めていきたい。