

# ゲート操作の信頼性確保に向けた取り組み —水中ロボットを活用したゲート設備点検—

黒澤愛子<sup>1</sup>・角谷実希<sup>1</sup>・加藤幹人<sup>1</sup>

<sup>1</sup>丸山ダム管理所（〒505-0301 岐阜県加茂郡八百津町鵜の巣1422-5）

国土交通省によるダム用ゲートの点検は「ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル（案）（以下「マニュアル（案）」という）」に基づき実施されているが、丸山ダムでは予備ゲートが角落し形式であることから「マニュアル（案）」に基づく点検実施が困難である。このため、水中ロボットの活用等により「マニュアル（案）」において要求される保守点検レベルを確保する方法を検討した。

キーワード：ダム用ゲート，保守点検，水中ロボット（ROV）

## 1. はじめに

### (1) 丸山ダムの概要

丸山ダムは木曾川本川河口から約90km上流に位置し、流域面積2,409km<sup>2</sup>、計画最大放流量4,800m<sup>3</sup>/sの重力式コンクリートダムで、目的は洪水調節及び発電である。

丸山ダムは、建設省（現国土交通省）と関西電力（株）の共同管理施設として昭和31年に完成した。以降、国土交通省と関西電力（株）により共同管理を行っているが、新丸山ダム建設のため、今後特定多目的ダムとして国土交通省に移管される予定である。

### (2) 丸山ダムのゲート設備

丸山ダムは放流設備としてクレストゲートを5門有している。ゲートの設備諸元は以下のとおり。

ゲート形式：プレートガータ構造ローラゲート

純径間：10.0m

扉高：14.7m

開閉装置：ワイヤロープウィンチ式

設置年：昭和29年

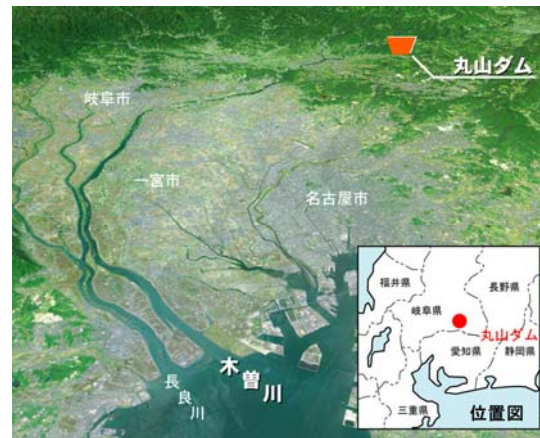


図-2 丸山ダム位置図



図-1 ゲート設備



図-3 丸山ダム

## 2. ゲート設備の点検

現在、丸山ダムは国土交通省と関西電力（株）で共同管理しており、ゲート設備の保守管理は関西電力（株）が自社基準を設け、主として目視確認によるゲート操作を伴わない点検を実施している。

移管後は、ゲート設備の保守管理を国土交通省が実施することになるため、国土交通省が基準とする「ダム用ゲート点検・整備・更新検討マニュアル（案）（以下「マニュアル（案）」という）」に基づき実施する。

「マニュアル（案）」に基づく点検では、作動状況確認のための聴診や触診、各種計測による傾向管理を行うこととされており、ゲート操作が前提となっている。このため、常時接水したゲートの場合、無効放流を防ぐため点検時には予備ゲートを全閉する必要がある。

## 3. ゲート設備点検の課題

丸山ダムの貯水位は常時満水位付近に保たれ、クレストゲート上流面は常時接水しているため、点検時は予備ゲートを全閉する必要があるが、丸山ダムの予備ゲートは角落し形式であるため、設置に手間と時間が必要となる。

実際に平成27年度に角落しを設置して実施した際、以下の問題点が明らかとなった。

- ① 角落しの設置に手間がかかり、1回の非洪水期で2門しか点検できない
- ② 提頂が狭隘で大型車両が進入できず、角落しを台車により運搬する必要がある。また大型クレーンが進入できないため、2台のクレーンで相吊りする必要があり、角落しの設置作業が非常に危険で



図-4 角落し設置状況（3号ゲート）



図-5 角落し設置作業

ある

- ③ 点検費用が2門で約20,000千円と非常に高額である

- ④ 放流機能の喪失期間が長い

このため、角落しを設置せず「マニュアル（案）」で要求される保守点検レベルを満足することを目標に、水中部の点検方法、実放流時の点検の実施可能性について検討した。

なお、検討にあたっては以下の丸山ダムの固有条件を考慮した。

- ① 移管後、クレストゲートの実放流操作は年5回程度行われる見込み
- ② 平常時のダム湖濁度は1~2程度でありあまり高くない
- ③ 河川を横断する網場がなく、浮遊及び沈降した流木や塵芥が多い

## 4. 水中部の点検方法の検討（ROV点検）

### (1) 点検方法の検討

角落しを設置しない場合、扉体上流面は常時接水した状態であるため、水中点検が必要となる。水中点検は、従来潜水作業により行われているが、潜水作業は常に労働災害のリスクがあることから、新技術として水中ロボット（ROV）の採用を検討した。

ROVは「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 水中維持管理部門」の「現場検証・評価の結果」から評価の高かった2機種を選定し、丸山ダムの現場条件で適用可能か実際に点検作業を実施し検証した。また、潜水作業と比較し有用性を確認することとした。

### (2) ROVの仕様の違い

ROVは機種ごとに仕様異なるため、仕様により点検に支障が無いか確認することとした。主な仕様の違いは以下のとおり。

#### ① 画像処理方法

画像処理はリアルタイムで行われるもの、後処理で画像解析するものがある。点検作業では現地で撮影箇所の指示を行うことが想定されるため、リアルタイム画像の視認性を主に確認する。

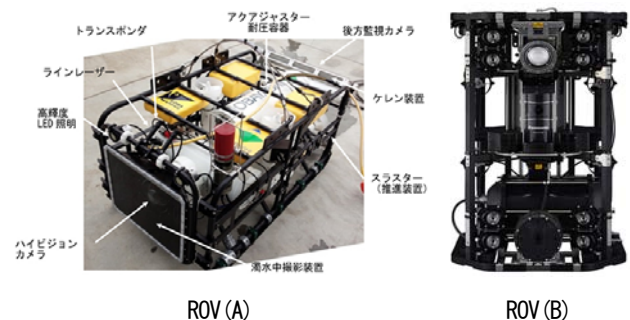


図-6 ROV外観

② 画像の通信方法

ROVと基地局との接続は、有線接続と無線接続がある。特に無線接続について、画像の乱れや切断が作業の支障とならないか確認する。

③ 機体サイズ

ゲート設備点検では、側部水密ゴム付近など狭隘な部分の点検が必要となるため、機体サイズが作業の支障とならないか確認する。

(3) 水中点検の概要

現地確認調査は以下の要領で実施した。

- ① ROVの2機種と潜水作業でそれぞれ2門ずつ点検を実施した。
- ② 作業性を比較するため、作業動線を設定し全てのゲートを同じ手順で実施した(図-4-3参照)。
- ③ 水中部の点検項目は、ゲート点検整備要領(案)の点検整備表より抽出した。
- ④ 網場がなくゲート設備周辺に浮遊流木及び塵芥が集積しているため、船舶により流木及び塵芥を移

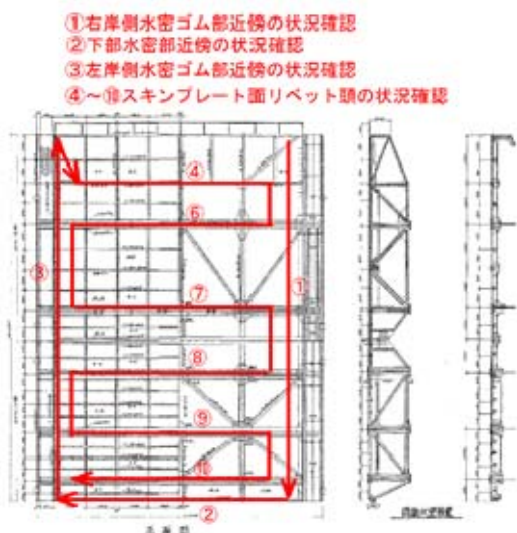


図-7 点検動線



図-8 浮遊流木及び塵芥

動させるとともに簡易網場を設置した。なお、ROVによる点検では簡易網場を設置せず流木及び塵芥の移動のみで作業が可能か検証した。

(4) 検証結果

- ① 画像の視認性
 

ROVの画像は潜水作業と比較して視野が広く、また画像が鮮明で視認性が良かった。後処理で画像解析するROVについても、操作のため現地で確認する画像で充分視認性が確保できた。また、画像を無線で送信する場合、若干画像の乱れはあったものの、支障は認められなかった。
- ② 施工性
 

丸山ダムは浮遊流木が多いため、潜水作業を行う際は簡易網場を設置し流木を除去する必要がある。ROVでは簡易網場を設置せず作業を行ったが大きな支障はなく、施工性はROVが優れる
- ③ 安全性
 

ROVの操作は作業船上から行うため、潜水作業と比較し安全である。また、機材の搬出入時の安全性はROVと潜水作業で同程度と言える。



図-9 視認性比較

④ 点検所用時間、費用

今回の検証から、丸山ダムの現場条件下におけるROV点検の所要時間は機種に限らず1門あたり1.5時間であり、潜水作業と比較して同程度であった。

ROVでは簡易網場の設置が省略できるため準備作業が短くでき、2日間で全門の点検が可能である。費用についてもROVと潜水作業で同程度であった。また、角落しを設置し点検を行う場合と比較し、点検期間、費用とも大幅に縮減できる。

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	所要時間	
						1日目	2日目
STEP 1	除塵(1.0H)					5.5H	-
STEP 2	点検(1.5H)		除塵(1.0H)				-
STEP 3			点検(1.5H)		除塵(1.0H)	4.0H	-
STEP 4					点検(1.5H)		-
STEP 5		除塵(1.0H)				-	-
STEP 6		点検(1.5H)		除塵(1.0H)		-	-
STEP 7				点検(1.5H)		-	-

図-10 丸山ROV点検の工程計画

⑤ 点検担当職員等の評価

ROVによる現地確認調査の際に点検実務担当の職員を対象とした見学会を実施し、アンケート調査を行った。アンケートの結果、「充分活用できる」「大半は活用できる」との意見が多かった。

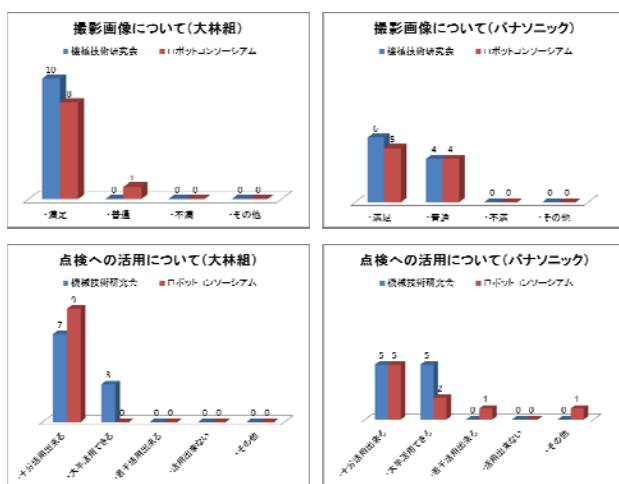


図-11 アンケート結果

以上より、丸山ダムのゲート水中部の点検方法としてROVによる点検が優位と評価した。

5. 実放流時の点検の実施可能性

「マニュアル(案)」による点検項目を満足するためにはゲート操作が必要だが、点検時に角落しを設置しない場合、ゲート操作は行えない。

「マニュアル(案)」による点検項目を満足するためには、主に開閉装置における各種運転データの計測や、

振動や異状音などの動作確認が必要となるが、点検時にゲート操作を行わないことから、これらの点検を実放流のゲート操作時に合わせ実施することで、「マニュアル(案)」による点検項目を満足させられるか検討した。

(1) 点検体制

点検を行うためには、実放流に合わせ専門業者を配置する必要がある。専門業者は、放流開始の概ね2時間前指示すれば点検の体制を整えられるため、流入量予測等により体制の構築は可能と判断した。

(2) 点検項目

ゲート操作が必要な点検項目は、主に開閉装置の電動機の電流電圧値や軸受温度などの計測と、振動や異音、ローラの回転状況などの動作確認である。

運転データの計測は、通常の点検では全閉から全開まで連続運転し計測するが、実放流では放流量に応じてゲート開度が定められるため断続的な運転となることから、特に軸受の温度上昇の確認が課題となる。

丸山ダムでは、過年度に角落しを設置し連続運転した際の運転データを計測しており、この結果をベンチマークとすることで、連続運転した場合の温度上昇の傾向を推定し、点検項目を満足できるものとした。

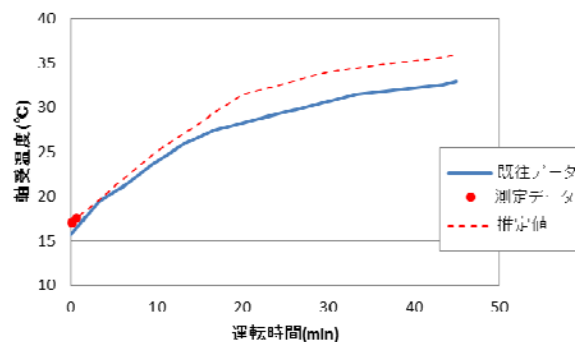


図-12 運転データ推定イメージ

6. おわりに

丸山ダムでは、水中ロボットによる点検と実放流時の点検の導入によって、角落しを設置して点検した場合より大幅な点検期間短縮とコスト縮減が可能となる。

ただし、点検時の操作が放流を伴わない無負荷運転であるのに対し実放流では実負荷運転であること、実放流による騒音や振動、天候などが運転データの計測及び動作確認に影響すると思われるため、今後点検結果を蓄積し有効性を検証する。