

ゲートの維持管理計画作成に向けた取り組み

下田貴之¹・大畑隆史²・柴垣昂平³

^{1,2,3}丸山ダム管理所（〒505-0301 岐阜県加茂郡八百津町鶴の巣1422-5）

ダムに設置されている洪水調節用ゲートは、洪水等の被害から国民の生命・財産を守る重要な設備であり、不測な事態においても必要最低限の機能を確保する必要がある。

平成23年4月に通知された「ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル（案）について」を受け、ゲート設備の信頼性を確保しつつ、効率的・効果的な維持管理を行うべく、ゲートの維持管理計画作成する必要がある。

本報告は、丸山ダムにおいてゲートの維持管理計画作成するため、さらには危機管理のために必要な点検を実施した取り組みについて紹介するものである。

キーワード：ダム、ゲート、維持管理計画、長寿命化計画

1. はじめに

(1) 丸山ダムの概要

木曽川は、木曽三川の一歩東側に位置し、流域面積5,275km²、流路延長227kmの一級河川である。丸山ダムは木曽川本川河口から90km上流に位置し（図-1-1参照）、流域面積2,409km²（図-1-2参照）、計画最大放流量4,800m³/sの重力式コンクリートダム（図-1-3参照）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、現在に至るまで、国土交通省と関西電力（株）により共同管理を行っている。

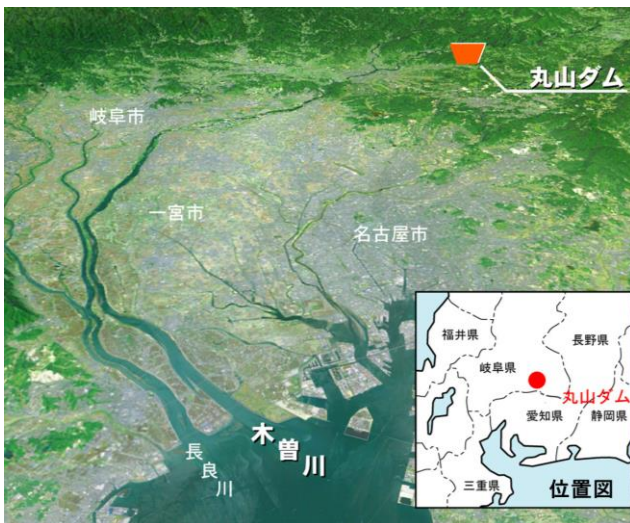


図-1-1 丸山ダム位置図



図-1-2 流域面積



図-1-3 丸山ダム

(2) 丸山ダムのゲート設備

丸山ダムのゲート設備については、扉体の径間（幅）が10m、扉高（高さ）が14.7mのプレートガーダ構造ローラーゲートが5門（図-1-4参照）あり、1門あたりの重量が約150tで、昭和29年に製作し、61年経過している。また、開閉装置（図-1-5参照）は、ワイヤーロープウィンチ式であり、こちらも61年経過している。



図-1-4 扉 体（鋼製ローラゲート）



図-1-5 開閉装置（ワイヤーロープウィンチ式）

2. ゲート維持管理計画

(1) ゲート維持管理計画とは

これまで建設されてきたダム用ゲート設備の多くは、建設後30年から40年を経過しつつあり、老朽化への対応が必要となるものが年々増加している。これに伴い、施設の維持管理に要する費用も増加していくことになる。そのため、社会資本整備重点計画（平成24年8月策定）において、施設の適切な維持管理・更新について、計画的に施設の長寿命化や更新を図っていくこととあわせて、長寿命化に関する計画を策定し、適切な維持管理を行うこととされた。これを受け、国土交通省では、長期的視点を踏まえたダムの維持管理及び設備の更新等について、より効果的・効率的に推進していくために、ダムを構成する設備毎の維持管理に係る中長期的な維持管理方針を定める「ダムの長寿命化計画」の策定を平成25年10月に通知した。

「ダムの長寿命化計画」とは、ダムを構成する土木構造物、機械設備、電気通信設備について、点検の結果や健全度評価等を踏まえ、ダムの維持管理、設備の更新等に係る中長期的な計画をいう。このうち、機械設備においては、ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討要領に基づき、ゲート設備の信頼性を確保しつつ、効率的・効果的な維持管理の実現を目的とした、ゲートの維持管理計画を作成することとなった。（図-2-1参照）

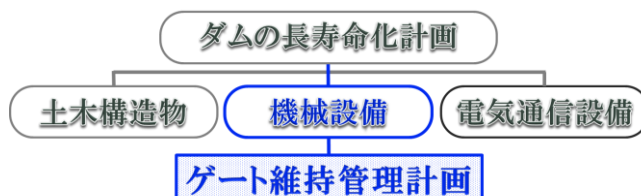


図-2-1 ダムの長寿命化計画の構成

ゲート維持管理計画とは、ゲート設備毎に設備の維持管理に係る長期保全計画（ライフサイクル計画）と、各年度に実施する年度維持管理計画を作成し、設備毎の点検、整備、更新について計画するものである。

(2) ゲート維持管理計画の作成方法

ゲート維持管理計画を作成するにあたっては、機器の健全度に設備区分レベル、設置条件、機能の適合性を評価するとともに、経済性の評価を加え、設備の信頼性と維持管理コストの低減を図るため、技術面、経済面の両面から検討を行う。

具体的には、フロー（図-2-2参照）のとおり、専門技術者による点検を実施し、点検結果や計測データ、設置からの経過年数等を踏まえ機器等の健全度評価を行い、さらに各機器の整備・更新の優先度を技術面、経済面からも検討を加え、整備・更新の年次計画を立てるものである。ここで健全度とは、設備の稼働及び経年に伴い発生する材料の物理的劣化や、機器の性能低下、故障率の増加等、正常な状態と比較した現在の状態を表すものであり、この健全度評価を行うことで、ゲート設備を構成する部位・機器の状態を適切に把握することができる。

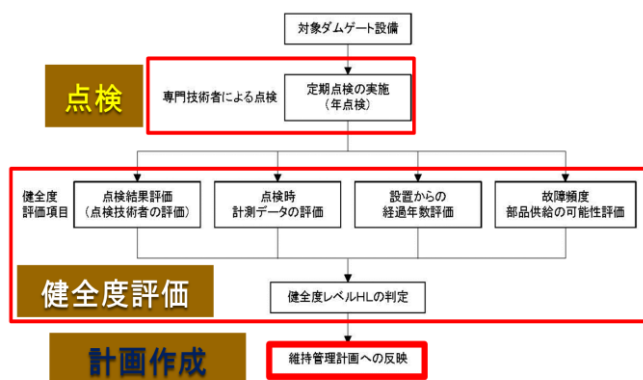


図-2-2 維持管理計画作成フロー

しかしながら、丸山ダムにおいては、今までこの健全度評価を行うために必要な点検を行ってこなかったため、ゲート維持管理計画を作成することができなかった。

「健全度評価に必要な点検」「なぜその必要な点検を行っていないのか」については、次節で説明する。

3. 丸山ダムにおけるゲート点検

(1) 丸山ダムにおけるゲート点検の現状

丸山ダムのゲート点検は、共同管理者である関西電力により行われており、国の点検基準（ダム用ゲート設備等点検・整備・更新検討マニュアル（以下「点検マニュアル」という。））とは異なる点検を行っている。

点検マニュアルでは、設備区分レベル、稼働形態を問わず、原則として毎年1回、年点検を実施することとなっており、その点検方法は次のとおりである。

『年点検は、設備の機能回復、信頼性確保、機能維持を目的として設備に対する詳細かつ総合的な機能の確認を行うものであり、予備ゲート・副ゲート等を設置してゲートを開閉して、各部の詳細な点検や各種計測による傾向管理を行う。』

一方、関西電力によるゲート点検方法は、次のとおりである。

『ゲート開閉装置の定期点検は、「ワイヤ緩みの範囲で動作させる点検」を実施する。なお、動作範囲については「ゲート放流を行わない範囲」とする。』

つまり、丸山ダムの現状の点検は、ゲートの開閉を行わない点検である。

ただし、丸山ダムでは年間平均20回ゲート操作があること、2ヶ月操作がなかった場合には、20cmだけゲートを開けるという確認は行っている。しかし、これはゲートが動くかどうかの確認であり、ゲート設備が正常に機能しているかどうか、また全開全閉操作の確認はできていない。

(2) 健全度評価を行うために必要な点検

健全度評価マニュアルにおいて、健全度評価を行う点検は「専門技術者による年点検レベルを想定」としている。つまり、健全度評価を行うため、そして維持管理計画を作成するためには、「点検マニュアル」にある年点検を実施する必要がある。そのため、維持管理計画を作成するために、丸山ダムにおいて初めて、年点検を実施した。以下、現状の点検と区別するため、今回実施した点検を「ゲート開閉点検」と呼ぶ。

4. ゲート開閉点検

(1) 施工時期及び共同管理者との調整

ゲート開閉点検を行うにあたり、まずは施工時期について検討した。非出水期に行うのは当然のこととして、

角落しを設置している間はゲートが1門使用不可となるため、過去10年間ににおける最大出水量時においても4門での対応が可能かを確認した。その結果、11月～3月までの期間が施工可能時期であった。

また、共同管理者の関西電力との調整も必要である。丸山ダムの放流量の調節は、ダムへの流入量2,500m³/sまでのゲート操作を関西電力が実施し、国土交通省は、流入量が2,500m³/s以上となった時点から関西電力より引き継ぎ、ゲート操作を行っている。そのため、事前に試験内容を説明し、角落しと設置期間中における4門での暫定運用の対応方法、角落しの設置に合わせた修繕や確認事項などを協議した。

(2) ゲート開閉点検を行うための仮設作業

ゲート開閉点検を行うにあたり、ゲート開閉の際にダムの貯留水を流さないよう予備ゲートを設置する必要がある。しかし、丸山ダムには常設の予備ゲートがなく、その代替えとして、角落しゲートを設置する構造となっている。角落しゲートは、本ゲートと同じ大きさが必要であるため、幅10m、高さ0.7～1.0mの角落しを16本使用することになる（図-4-1参照）。この角落しを設置する作業を、幅員が3m程度のダム天端（図-4-2参照）で行う必要があり、大変困難な作業が予想された。



図-4-1 丸山ダムの角落としゲート（格納状況）



図-4-2 丸山ダムの天端幅

仮設方法を種々検討した結果、以下のとおりの方法を採用した。

a) 敷鉄板の敷設

角落しを設置する際に使用するクレーンの荷重分散、また角落しを設置箇所まで台車に載せて横引きすることから、タイヤ接地面を滑らかにするために敷鉄板を敷設する。（図-4-3参照）



図-4-3 敷鉄板の敷設

b) 管理橋・手摺の取り外し

角落しを設置する箇所（戸当り）の上を管理橋と手摺で蓋をしているため、それらを取り外す。（図-4-4参照）



図-4-4 管理橋・手摺の取り外し（黄枠が角落し設置箇所）

c) 仮設網場の設置

丸山ダムには網場が設置されていないため、角落しの設置箇所に流木が溜まっている。この状態では角落しを設置できないことと、角落しを設置する際には潜水土による固定を行うため、流木があると危険であることから仮設網場を設置する。（図-4-5参照）

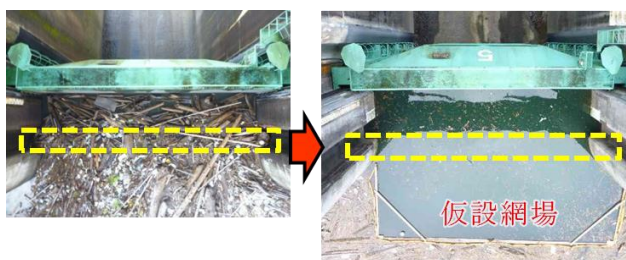


図-4-5 仮設網場の設置（黄枠が角落し設置箇所）

d) 角落し設置作業

天端幅が非常に狭いため12tラフタークレーンを2台使用し、相吊りにより角落しを1本ずつ設置する。（図-4-6参照）



図-4-6 角落し設置状況

また、潜水土により、1本ずつ角落しを固定する。（図-4-7参照）



図-4-7 潜水土による水密作業状況

e) 水密作業

角落し設置後においても、角落しの隙間から水漏れ（図-4-8参照）があるため、潜水土により水密作業を行う。



図-4-8 角落しの隙間からの水漏れ状況

以上の作業により、角落しを設置することが可能となった。

(3) ゲート開閉点検の実施

ゲート開閉点検は、ゲートを開閉することで、ゲート1門の重量である150tの負荷をゲートの機器にかけた際のゲート機能が正常かを確認する。

例えば、主電動機であれば、過大な負荷がかかっていないか、異常な振動や音はないか、温度変化は正常かを確認する。

また、ゲートの開閉点検を行わなければ確認できない扉体の鋼部材や水密ゴムの状況（図-4-9参照）、ローラ等の回転部の回転状況、ギアの歯当たりや噛み合わせ状況などが確認できる。

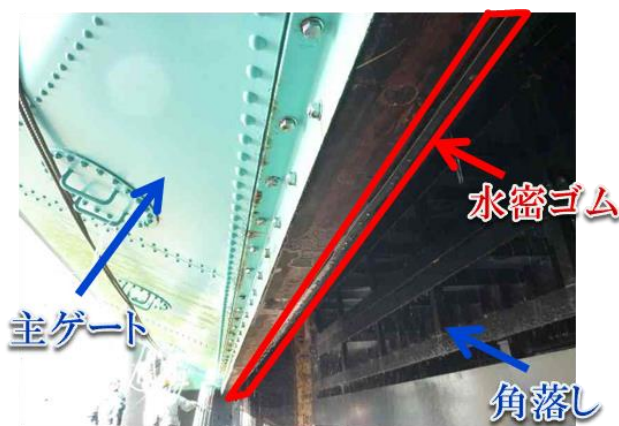


図-4-9 扉体の鋼部材や水密ゴムの確認状況

(4) ゲート開閉点検の結果

ゲート設備の点検結果は、損傷度を判定した結果を総合的に判断し、処置の緊急度を判定する。処置の緊急度は、次のA～Cで区分される。

- A：早急な処置を検討する。
- B：なるべく早い処置（2～3年以内）を検討する。
- C：状況の推移を観察し処置を検討する。

今回のゲート開閉点検の結果は、一部でB評価があったが、それらは致命的な（故障すると設備機能に影響が出る）部位ではなかったことから、経過観察対応とした。なお、設備全般の状態は概ね良好であった。

5. ゲート維持管理計画の作成

維持管理計画は、先述のとおりゲート設備毎に設備の点検、整備、更新について計画するものであり、設備の状態が目視や計測等で傾向管理が可能なものについては、設備の状態を見ながら延命化を検討する。その延命化の基準となる年数については、設備の機器毎に標準的な取替・更新年数が定められている。（図-5-1参照）

ゲート設備のほとんどの機器は、ゲートの開閉点検を行うことで傾向管理が可能となる。今回の点検により、

丸山ダムゲートの設備は、傾向管理を行うことができた。しかし、丸山ダムのゲート設備はすでに61年が経過しているため、延命化の基準となる年数をほとんどの機器で超過している。つまり、丸山ダムのゲート設備は、すでに延命化している状態であり、今回の点検結果の評価により、今後の整備、更新計画を決定することになる。

装置・機器		種別	信頼性による 取替・更新年数
ゲート扉体	扉体構造部	更新	52年
	主ローラ	ローラ	34年
		ローラ軸	34年
		軸受メタル	22年（常用） 30年（待機）
	補助ローラ	取替	28年
	扉体シープ	取替	39年
ワイヤロープウインチ式開閉装置	水密ゴム	取替	（突発的な損傷が多い）
	開閉装置全体	更新	33年
	主電動機	取替	16年
	電磁ブレーキ	取替	24年
	油圧押し式ブレーキ	取替	26年
	切換装置	取替	28年
	減速機	取替	23年
	開放歯車	取替	30年
	機械台シープ	取替	31年
	軸受	取替	29年
	軸継手	取替	21年
	ワイヤロープ	取替	7年（常用） 10年（待機）
	ワイヤロープ端末調整装置	取替	23年

図-5-1 ゲート設備の取替・更新年数

今回の点検結果では、致命的な部位におけるA評価、B評価はなかった。そのため、丸山ダムにおけるゲート維持管理計画は、今後2～3年での整備や更新の計画は予定していないが、機器のほとんどが標準的な取替・更新年数を経過していることから、引き続きゲート開閉点検を行い、設備の機能の健全性を確認していく必要があるという計画とした。

6. ゲート開閉点検の必要性

(1) 丸山ダムにおけるゲート点検の問題

ゲート点検の目的は、設備の信頼性の確保と機能の保全を図ることであり、各種計測による傾向管理を実施し、機器の不具合は事前に、かつ確実に検知しなければならない。そして不具合を検知した場合には、特にそれが致命的な（故障すると設備機能に影響が出る）部位であった場合には、直ちに緊急対応（恒久）処置を行い、ゲート操作に支障を来たさないようにしなければならない。

しかし、丸山ダムではこれまでゲート開閉点検を行っていないことから、ゲート設備の信頼性、機能の健全性を確認できておらず、機器の不具合が度々発生してきた。更に、その不具合は、ゲートを操作している時に多く発生しており、ゲート操作に支障を来してきた。

また、今回ゲート開閉点検を実施したことで、作業上の課題も浮き彫りとなった。丸山ダムは、角落しを設置できる構造にはなっているが、設置するのが非常に困難であるということである。ゲート設備で行わなければならない比較的周期の短い修繕として、水密ゴム、ローラ、ワイヤーロープなどの取替や塗替塗装などがある。そして、適正な維持管理を行っていくためのゲート開閉点検もある。丸山ダムは、それらを実施するたびに、巨大な角落しを狭いダム天端で設置しなくてはならないという、非常に困難であり、危険が伴い、不経済な構造となっている。つまり、丸山ダムは、維持管理を考慮した構造にはなっていない。

丸山ダムの現在の構造を改善するためには、大きな改造を伴うことになり、非常に困難である。丸山ダムだけでなく、維持管理を考慮した構造になっていない古いダムもあると思われる。

ダムは適切な維持管理により、非常に長期間の活用が可能な構造物である。したがって、維持管理を安全で容易に、そして確実に実施でき、さらに経済的に行えるよう考慮した構造にしておくべきである。

(2) ゲート開閉点検の必要性

これまで丸山ダムにおいてのゲート点検は、ゲート開閉点検を行ってこなかったことから、角落し作業を行うこともなく、点検費用は少なく済んできた。しかし、ゲートの開閉点検を実施しなければ、機器の不具合を未然に検知できず、ゲート操作に支障を及ぼすことになる。

今回のゲート開閉点検では、ゲート操作に支障が及ぶような不具合は検知されなかったが、平成23年度には、ゲート開閉点検を行っていれば未然に対処できていたはずの機器の不具合が発生している。

平成23年度の不具合とは、4月の出水時に1号ゲートの開閉装置のモータ（主電動機）に不具合が発生し、ゲート操作が不能となった。また、同年8月にも、4号ゲート開閉装置の減速機に不具合が発生したことである。

1号モータについては、点検において絶縁抵抗が低下気味であったのは確認していたが、ゲート開閉点検を実施していれば行うはずである、負荷をかけてモータの状態確認をしていなかったため、その後の出水時のゲート操作時に不具合が発生した。

また、4号減速機については、ギアの固定ボルトが外れたことにより、徐々にギアがずれ、破損を起こした。これについても、ゲート開閉点検の点検項目ではギアの噛み合わせや歯当たりを確認することになっており、ゲート開閉点検を行っていれば、不具合は未然に検知できていたはずである。

国土交通省の使命は、ダム下流で生活する人々の安全で安心な暮らしを支えていくことであり、ゲートが操作できなくなるような事態に陥ることは避けなければならない。

今回、「ゲートの維持管理計画を作成するため」にゲート開閉点検を実施したと先述してきたが、ゲート設備の信頼性、機能の健全性を確認するため、そして危機管理のためにも、今後はゲート開閉点検を継続していくことが必要である。

（参考）今回、ゲート開閉点検の際に出水があったため、点検している中央のゲートの両隣のゲートから放流を行った。（図-6-1参照）

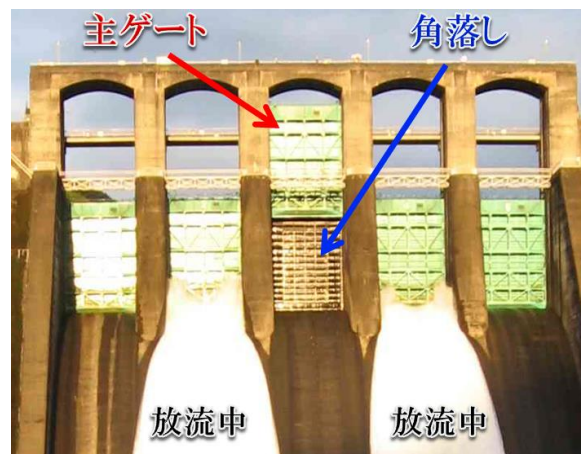


図-6-1 中央のゲートを点検中の放流状況

7. おわりに

丸山ダムは、完成後60年以上が経過しており、施設の老朽化により、ますます機器の不具合が発生してくることが想定される。そのため、今後は点検マニュアルのとおり、毎年ゲート開閉点検を実施し、ゲート設備の信頼性を確保し、そして、機器の状態を適切に把握していく必要がある。

この、国として当然行うべきことを行うことが、確実なダム操作を行うべきダム管理者の使命であり、国民の生命・財産を守ることに繋がるものと考えます。

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),平成23年4月
- 2) 社団法人ダム・堰施設技術協会：ゲート点検・整備要領(案),平成17年1月