

外装型軸用漏水漏油防止装置の開発

高山 大希¹・岩松 裕二²・吉成 佑太³

¹(独)水資源機構 筑後大堰管理所 (〒830-0071 福岡県久留米市安武町武島 1063-2)

²(独)水資源機構 中部支社 事業部 設備課 (〒460-0001 愛知県名古屋市中区三の丸 1 丁目 2-1)

³(独)水資源機構 香川用水管理所 施設管理グループ (〒766-0004 香川県仲多度郡琴平町榎井 891-2)

1993 年に岩屋ダム利水放流設備副ゲート開度計用シリンダロッド（以下「シリンダロッド」という。）の水密部より漏水が確認された。漏水を止めるためには水密パッキンの交換が必要となるが、岩屋ダムの場合、水密パッキンの交換を行うために大規模な工事や発電事業者との調整が必要となる。そこで、大規模工事を行わなくても、止水ができるように外付けの漏水漏油防止装置を開発した為、本稿にて報告を行うものである。

キーワード 利水放流設備，漏水，応急対策，装置開発，外装型軸用漏水漏油防止装置

1. はじめに

岩屋ダムは木曽川の中流岐阜県美濃加茂市で合流する飛騨川の上流支流、馬瀬川に建設された多目的ダムであり、木曽川河口からはおよそ 140 km 上流に位置し、1977 年の管理開始から 46 年が経過している。

ダムの諸元は次の通りである。

型 式：傾斜土質遮水壁型ロックフィルダム
堤 高：127.5 m
堤頂長：366.0 m
計画洪水流量：2,400 m³/s
有効貯水容量：150,000,000 m³

岩屋ダムは治水において、計画洪水流量のうち 2,100 m³/s の洪水調節を行い、利水では最大 45.69 m³/s の水を愛知県、岐阜県、三重県へ農業、水道、工業用水として供給している。

また、発電事業者によりダム右岸側地下（馬瀬川第一発電所）とダム下流（馬瀬川第二発電所）で合わせて最大 354,400 kW の水力発電を行っている。

2. 対象設備概要

本稿で対象とする設備は写真－1 で示す利水放流設備副ゲートである。利水放流設備の仕様は次の通りである。

形式：主ゲート ジェットフローゲート
副ゲート リングホロワゲート

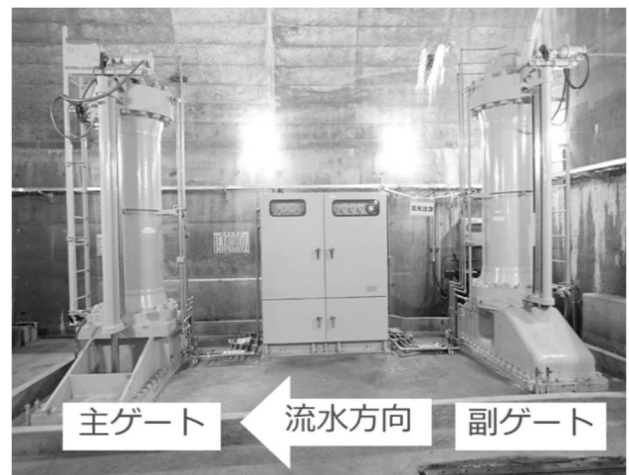
口径：φ1,860 mm

開閉方式：油圧シリンダ式

最大放流量：83.11 m³/s

岩屋ダムの利水放流設備は図－1 のように選択取水設備から放流管が馬瀬川第一発電所の発電放流設備へと伸びており、その内、発電放流設備 2 号に続く放流管から分岐する形で利水放流設備が設置されている。

発電放流設備は 167.5 m³/s/台の放流が可能で、2 台合わせると 335 m³/s の放流ができる。このため、利水放流設備は常時、全閉状態で待機しており、発電放流設備の整備や故障等で停止した際に運用する設備である。



写真－1 利水放流設備

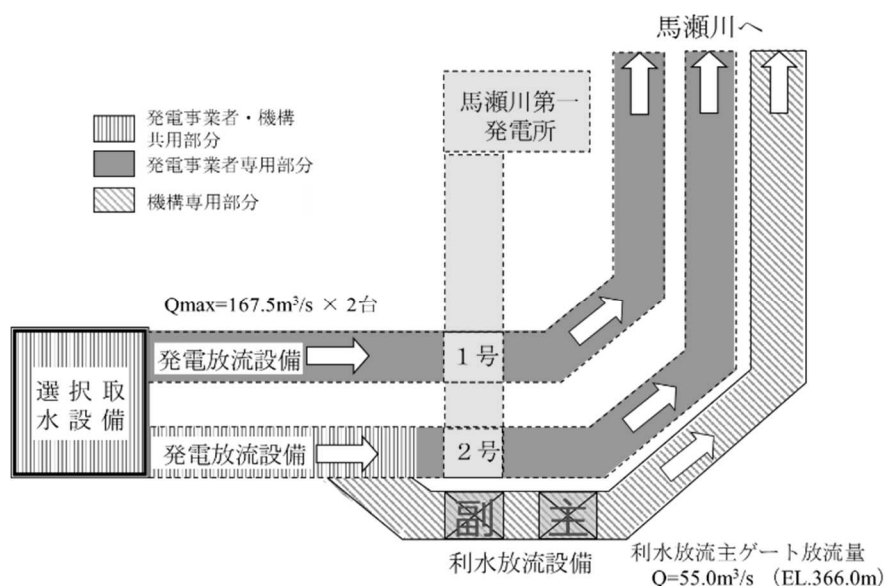


図-1 利水放流設備と発電設備の位置関係

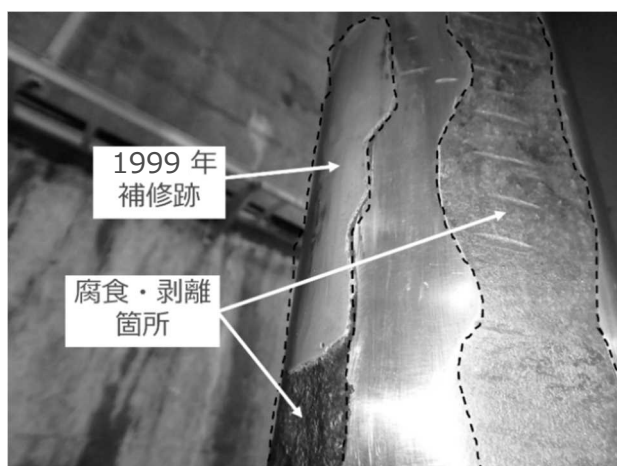


写真-2 シリンダロッドの腐食及び剥離状況

3. 漏水の発生

1993年にシリンダロッドの水密部から漏水が確認された。漏水は写真-2のようなシリンダロッドの腐食による凹凸部が水密部を通過する際に発生するものであった。

1999年に金属パテで腐食部の補修を行ったが、2004年に補修部が剥離し、再度漏水が発生した。現在は腐食部が水密部を通過したときのみ漏水が発生している。

利水放流設備副ゲートは主ゲートの点検のため年に数回動作させており、腐食部が水密部を通過する度に水密パッキンを損傷させている。このままの状態で使用し続けると水密パッキンの損傷が進行し、常時、漏水が発生することとなり、高水圧のため大事故につながる恐れもある。シリンダロッドは金属パテでの補修で水密パッキンのさらなる損傷を防止できるが（2021年度に実施）、損傷の進んでいる水密パッキンについては交換が必要となっている。

4. 問題解決のための検討

水密パッキンの交換は利水放流設備の分解整備を伴う。利水放流設備の分解整備時は、一般的に放流管呑口を制水ゲートにより閉塞し、利水放流管内を抜水して行うこととなるが、岩屋ダムには制水ゲートが設置されていない。そのため、以下の方法により止水を行う必要がある。

(1) 制水ゲートの新規設置

一度設置すれば今後の利水放流設備の整備時にも利用する事ができるが、大規模な工事となり、膨大な予算と時間を要する。

また、工事中は通水ができない為、発電事業者による発電収入は見込めないこととなる。

(2) ダム貯水位の低下

設計上はダム貯水位をE.L. 368.0 mまで下げ、選択取水ゲートで止水して管内を抜水するものであるがその間は発電が停止することとなる。

どちらの方法も発電所での発電を長期間止めなければならない為、発電事業者との調整が必要となる。

このことから水密パッキンを交換するという目的に対して膨大な予算と時間をかける事は現実的ではないといえる。そこで、応急的に止水できる外付けの水密パッキン（以下「外装パッキン」という。）を取り付ける装置を考案することとした。

5. 装置開発時の検討事項

装置を考案する際は、設置箇所のスペース、取付・取外の容易さ、装置にかかる水圧、止水性能、について検討した。

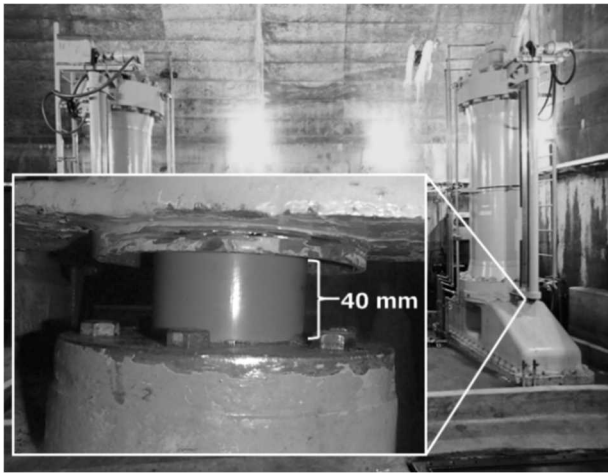


写真-3 装置の設置箇所



写真-4 装置の設置の様子



写真-5 部品一覧

(1) 設置箇所のスペース

装置を設置する箇所は写真-3 で示す通り狭小であり、その高さは僅か 40 mm である。横幅もあまり余裕がない為、装置の形状や部品の分割を工夫する必要がある。

(2) 取付・取外の容易さ

この装置の目的は既存の水密パッキンに代わる外装パッキンを取り付け、容易に交換できるようにする為、維持管理性を考慮して装置自体の取付・取外もできるだけ容易にしなければならない。

(3) 装置にかかる水圧

装置を設置する箇所は洪水時最高水位から約 91 m の水位差があり、ここにかかる水圧は約 0.89 MPa である(1a)。

$$\begin{aligned}
 p &= \rho h g \\
 &= 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 91 \text{ m} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\
 &\approx 0.89 \text{ MPa}
 \end{aligned}
 \tag{1a}$$

ここで、 p : 水圧、 ρ : 水の密度 (25 ℃)、 h : 高さ、 g : 重力加速度とする。

(4) 止水性能

シリンダロッドの摺動によるズレ及び摩耗も考えられる。適切な水密を常に保てるように、装置や外装パッキンの固定方法を考える必要がある。

6. 検討事項に基づいた装置の製作

各検討事項に基づいて装置を製作した。以下に各検討事項に対する結果を示す。

(1) 設置箇所のスペース

狭小な箇所に設置する為、装置の形状は薄い円盤状とした。装置は大まかに 2 分割構造となっており、シリンダロッドを横から挟むように設置する(写真-4)。ボルトなどの各部品も基本的に横から差し込むように組み立てる為、上部に隙間が無くても設置が可能となる。

(2) 取付・取外の容易さ

装置を構成する主要な部品数は僅か 9 点であり、これらをボルトとナットで締結する事で完成する(写真-5)。取り付けには特殊な工具や治具が不要であり、複雑な工程も無い為、職員 1 人での作業も可能である。これにより、経年による外装パッキンの劣化や摩耗の際に容易に交換が可能となり、維持管理性が向上する。

(3) 装置にかかる水圧

装置設置箇所には約 0.89 MPa の水圧がかかる為、このような高水圧下でも装置が耐えられるか、確実な止水が可能か、機械設備施工管理基準¹⁾に基づいて写真-6 のような耐圧試験を行った。機械設備施工管理基準には、小容量放流ゲート・バルブの管理項目の耐圧試験について「設計水圧の 1.2 倍で 10 分間保持し、水密構造部以外から漏水のないことを確認する。」とある為、この基準を準用し 1.1 MPa で 10 分間の試験を行った。耐圧試験は装置をシリンダロッドに見立てた専用の治具に設置し、耐圧試験用の



写真-6 耐圧試験の様子



写真-7 固定に使用するボルト穴

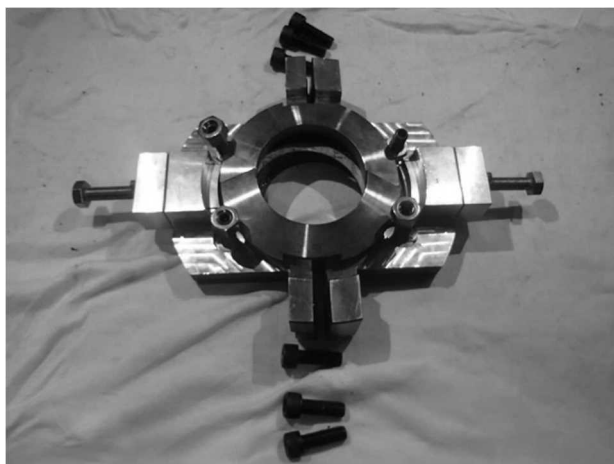


写真-8 外装型軸用漏水漏油防止装置

ハンドポンプで圧力をかけて行った。

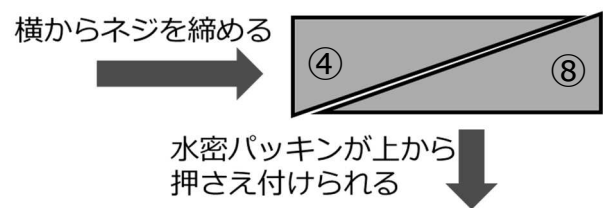
なお、耐圧試験では装置の異常及び漏水は確認されなかった。

(4) 止水性能

高水圧がかかる環境で止水しなければならない為、装置の確実な固定が必要である。これに対しては利水放流設備の既存のボルト穴を用いて固定する事とした（写真-7）。これによりシリンダの摺動によるズレ及び摩耗にも対応でき常に適切な水密を保つことができる。

また、この装置は部品を横から差し込む構造であるが、外装パッキンを上から押さえ付けなければ高い水密は得られない為、一部の部品（写真-5の④、⑤、⑧、⑨）をテーパ形状とし、図-2のように横からの力で外装パッキンを押さえ付けられるようにした。外装パッキンについてもメーカーのノウハウに基づき適切な材料や形状を選定し、重ねて複数個取り付ける事で高い水密を確保した。

以上の検討事項を満足した装置が完成した（写真-8）。この装置は漏水を防止する目的で開発したが、構造的に漏油にも対応できることから、名称を「外装型軸用漏水漏油防止装置」とした。



※番号は写真-5参照

図-2 水密パッキンの押さえ付け

7. まとめ

岩屋ダムの利水放流設備は、その構造上、整備等を行おうとすると大規模な工事や発電事業者との調整が必要となり、安易に実施できないのが現状である。水密パッキンの交換だけで、大規模な工事を行う事は現実的ではない為、利水放流設備の本格的な整備を行うまで、応急的に漏水を防止する装置として外装型軸用漏水漏油防止装置を開発した。

この装置は2021年3月にシリンダロッドに設置し、現在まで漏水を防止できている。今後も漏水が発生しないか経過観察を続け、装置の効果を検証していく。

また、岩屋ダム以外の現場でも漏水が発生しているかつ、修繕が困難であるといった箇所には、この装置を使用することができないか積極的に検討を行いたい。

なお、本装置は現在、特許出願中である。

参考文献

- 1) 独立行政法人水資源機構. 2012. 機械設備施工管理基準. p. 154.