

ジェットフローゲート水密性能向上 における一考察 ～シールリング形状に着目して～

下園 英世¹

¹ 独立行政法人水資源機構 下久保ダム管理所 管理班
(〒367-0313 埼玉県児玉郡神川町大字矢納 1356-3)

川上ダムの小容量放流設備にはジェットフローゲートを採用しており、工場製作時に行う漏水試験において施工管理基準が示す許容漏水量内を満足しない事象が生じた。

今回のジェットフローゲートの製作においては、受注者の設計思想のもとに製作していたが、許容漏水量内を満足しなかった原因を追究、調査並びに工場における実験を実施し、シールリングの形状を改良したことで許容漏水量内に抑え、据付を完了している。

本稿では、ジェットフローゲートの水密性能を向上させるに至ったシールリング形状の検討、調査及び改良結果について報告するものである。

キーワード ジェットフローゲート、シールリング、漏水量、面幅

1. はじめに

川上ダムは、淀川水系木津川の左支川である前深瀬川が伊賀市川上地先で川上川と合流した直下に建設する堤高84mの重力式コンクリートダムで、洪水調節、新規利水及び流水の正常な機能の維持を目的とした多目的ダムである。

川上ダムの放流設備は、洪水調節で使用する常用洪水吐き設備のほか、河川の水量維持等で使用される利水放流設備及び流入水バイパス放流設備の3つを有しており、そのうちの利水放流設備及び流入水バイパス放流設備については、ジェットフローゲート（以下、「JFG」という。）を採用している。今回、流入水バイパス放流設備のJFGに限り、工場製作時に行う漏水試験において許容漏水量内を満足できない状況が発生し、その対応を行った。

本稿では、ジェットフローゲートの水密性能を向上させるに至ったシールリング形状の検討、調査及び改良結果について報告するものである。

2. 漏水試験

川上ダムに設置する放流設備は全てダム堤体へ据付ける前に事前に工場において所定の品質管理試験を行い基準を満足した設備であることを確認している。具体的に

は、「機械設備工事施工管理基準」（以下、「施工管理基準」という。）に基づき、「小容量放流ゲート・バルブ」の機能を確認するため「漏水試験」を実施した。¹⁾

「漏水試験」とは「設計水圧で10分間保持し、水密構造部からの漏水量が次で求めた値以下とする。」と施工管理基準で定められており、「次で求めた値」とは、「口径が600mm以下のもの：漏水量ml/min＝バルブ口径cm/12.5」、「ジェットフローゲートについては、前記で求めた値の1/2」となる。

当初に行った3基の漏水試験結果を表-1に示す。流入水バイパス放流設備主ゲート（以下、「流入水JFG」という。）については、許容漏水量の約3倍の漏水量となったが、他の利水放流設備主管主ゲート（以下、「主管JFG」という。）及び分岐管主ゲート（以下、「分岐管JFG」という。）は、いずれも許容漏水量内であった。

3. 原因究明のための調査

JFGは、扉体スキンプレート上流面にあるシールリン

表-1 漏水試験結果（当初）

名称	口径 (mm)	許容漏水量 (ml/min)	漏水量 (ml/min)
流入水 JFG	300	1.20	3.70
主管 JFG ※	1300	46.41	15.42
分岐管 JFG	400	1.60	0.39

※ 口径が600mm以上のため上述の算出方法とは異なる

グ (アルミ青銅鋳物製) がメタルタッチすることによって水密を図る構造 (図-1 参照) となっている。

今回の漏水原因を究明するため、図-2 に示す調査内容を抽出した。

(1) 副開度計の影響

副開度計は、ゲート開度を計測するための検出棒が扉体に直接連結されている (写真-1 参照)。この検出棒は、扉体開閉用の棒 (ロッド) に比べ細くすることが一般的だが、同口径 ($\phi 50\text{mm}$) としたために2本の棒が扉体と連結していることによって、ねじれを生じさせていることが疑われたため、検出棒を外して漏水試験を行ったが漏水量の改善は図れなかった。

(2) 扉体のたわみ度

扉体のたわみ度は、「ダム・堰施設技術基準(案)」

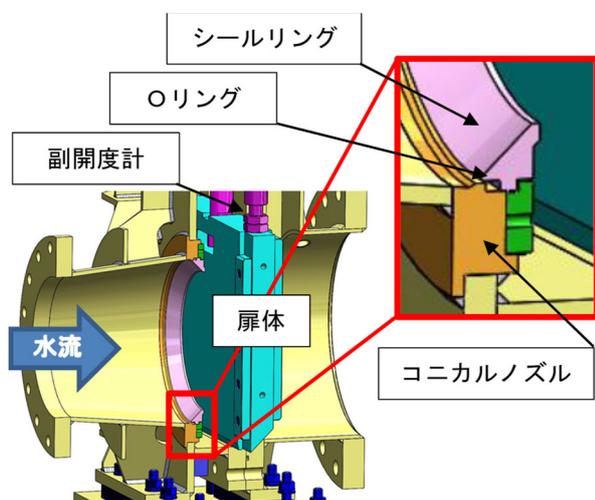


図-1 JFG 全体の構造及び止水部の構造

①副開度計の影響

②扉体のたわみ度

③製作上の問題

④水密部

図-2 抽出した調査内容

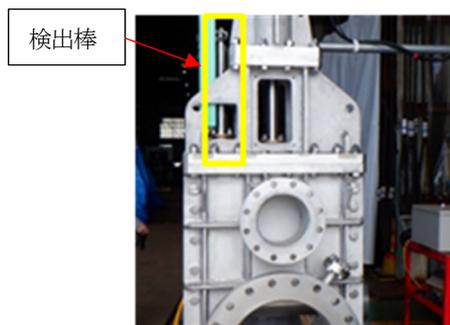


写真-1 副開度計検出棒

(以下、「ダム堰基準」という。) によって、「径間の1/2000 以下に抑えること」と定められている。²⁾ 当該ゲートのたわみ度は 1/3122 (たわみ量 0.163mm) であり、3D 解析によるたわみ量の計測結果においても設計値と同等の値を示し「ダム堰基準」を満たしている。

また、漏水試験においても、扉体背面側にH形鋼と油圧ジャッキを取付け、扉体を拘束し物理的にたわみ量を抑えた (図-3 参照) が、漏水量の改善は図れなかったため、たわみによる漏水ではないと判断した。

(3) 製作上の問題

製作上の問題としては、表面粗さ及び各部位の寸法精度が想定された。表面粗さについては、扉体およびシールリングの接触する面の表面粗さが実績のある同規模ゲートと同等 ($Ra0.2$ 以下) であること、また、各部位の寸法精度についても許容値以内であることを確認したため、製作上の問題ではないと判断した。

(4) 水密部

水密部は、Oリング及びシールリングが想定された。Oリングについては、異なる径 ($\phi 6\text{mm}$ 、 $\phi 7\text{mm}$) によって漏水試験を行なったが漏水量の改善は図れなかった。

シールリングは、これまでの実績と同様の設計によって製作しているが、シールリングの面幅 (扉体に接する面) を変更することによって漏水量の改善が図れるか確認されていなかったことから、今回、シールリングの異なる面幅による検証実験を行うことにした。

なお、シールリングの設計にあたっては、「ダム用小容量放流設備標準設計(案)」 (以下、「小容量放流設計」という。) に基づき、基本寸法の二等辺三角形として強度計算を行うこととしている。³⁾

結果、図-4 に示すとおり、当初は、過去に製作された

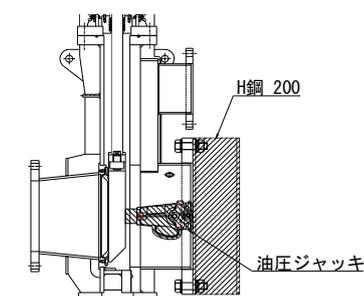


図-3 扉体拘束状況 (漏水試験時)

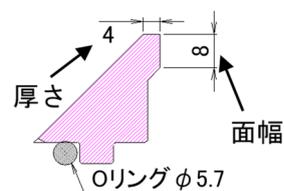


図-4 シールリング構造 (当初)

口径 φ300mm : 漏水量 0.58ml/min の実績により面幅 8mm の構造としていた。

4. シールリング形状検証実験

(1) 実験結果

シールリングの面幅を当初の 8mm から 0.5~1.0mm 刻みに変更した面幅毎の漏水量を、図-5、表-2 に示す。

漏水量は、施工管理基準に基づき、試験水圧 1.65MPa を 10 分保持した状態で 3 回計測した平均値である。結果は、当初の 8mm から 7mm に変更することで漏水量を最も抑えられることがわかった。

(2) 検証

実験によって、漏水箇所がシールリングからによるもので、面幅を 7mm に改良することで漏水量を抑えられることが特定できた。

なお、同一メーカーかつ同口径における各シールリング寸法の漏水量を表-3 に示す。表からシールリングの寸法は一律ではないことが確認できる。

5. 機構内における JFG の状況

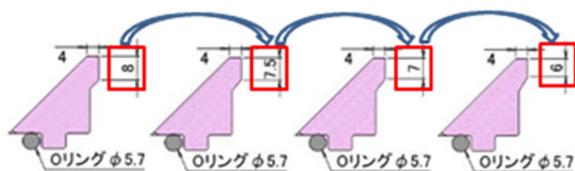


図-5 シールリングの異なる面幅

表-2 変更した面幅毎の漏水量

面幅 (mm)	許容漏水量 (ml/min)	漏水量 (ml/min)	判定
8.0	1.20	2.21	×
7.5		1.17	○
7.0		0.47	○
6.0		1.90	×

表-3 各シールリング寸法の漏水量

ゲート名	口径 (mm)	寸法 (mm)		漏水量 (ml/min)
		面幅	厚さ	
流入水 JFG	φ300	8	4	2.21
〃 (改良)	φ300	7	4	0.47
実績 JFG	φ300	8	5	0.58

4. (2) 検証で述べたとおり、同一メーカーにおいてシールリングの寸法が一律ではないことから、シールリング寸法の傾向・特徴を特定するため、機構に設置されている JFG45 基のうち、38 基について調査を行った。シールリング寸法のうち、金属水密部であるシールリングの面幅に着目し、JFG の口径とシールリングの面幅の関係性について、「施工監理基準」で定められる許容漏水量の口径区分に基づき、図-6 のとおりグラフを作成した。図-6 に示すとおり、各区分とも口径と面幅の関係性はないことがわかる。また、JFG の設計水深とシールリングの面幅の関係においても図-7 に示すとおり、関係性は確認できなかった。

6. 考察

今回のシールリングの形状に関する調査及び検証実験において得られた知見を以下に示す。

(1) JFG のシールリング形状は統一性がない

口径や設計水深によってシールリングの面幅が決められていないことが確認できた。

シールリングの面幅については、「ダム堰基準」や「小容量放流設計」に定められていないため、各製作メーカーのノウハウによって決定されていると思われる。

なお、シールリングの背面側（水圧を受けない側）の

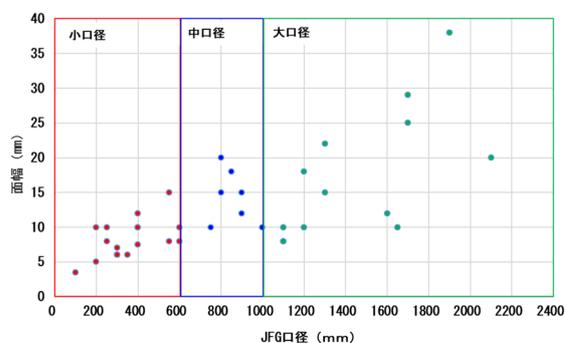


図-6 JFG 口径と面幅の関係

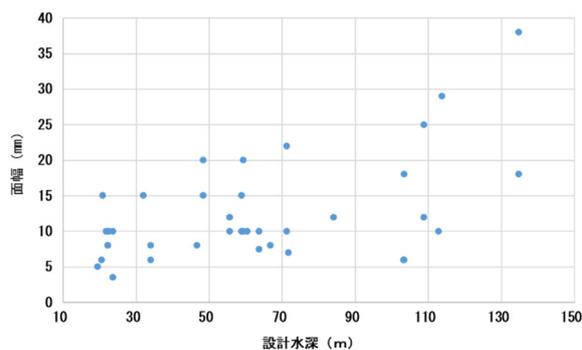


図-7 設計水深と面幅の関係

形状について、図-8に示すとおり、緩やかに擦り付ける場合（上図）とシールリングの厚さ相当を切り欠く場合（下図）があることが確認されたが、水密性にどのような影響を与えているかはわからなかった。

(2) シールリングの最適な形状が特定できなかった

38基を対象に調査することによって、水密性能が優れたシールリングの形状を特定することを試みたが、傾向を掴めないデータだったことから最適な形状を特定するまでには至らなかった。

(3) 実績によるシールリングの製作

流入水JFGの当初のシールリング面幅8mmにおいて、許容漏水量を満足しない事態となったが、製作メーカーのこれまでの実績に基づき製作されたものであり、設計段階で想定することは難しいと思われる。

幸いにも、今回の許容漏水量を満足しない事象によって行った検証実験結果が、適正な面幅を特定することに繋がり、また、水密性能を向上させるには、シールリングの面幅を検討する必要があることを導き出すことができた。

7. まとめ

JFGは、コンカルノズルによって放流水が戸溝に干渉することを防ぎ、また、シールリングが扉体の開閉動作

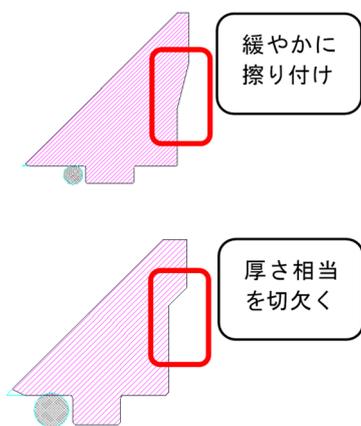


図-8 シールリングの背面側の形状

にも追従できる構造のため水理特性及び水密性能に優れたゲートである。

今回、そのJFGにおける重要なシールリングの形状に着目し検討、調査及び改良を行った。

今回の検討、調査によってわかったことを以下に示す。

- ①流入水JFGのシールリング面幅は7mmが最適
- ②シールリングの水密性は、面幅が重要
- ③形状の決定は、製作メーカーのノウハウによるもの
- ④シールリングの背面形状には特徴がある

近年、JFGはメンテナンス性にも優れていることから多くのダムで採用されているため、今後、経年劣化等によって漏水量が増加するJFGが増えていくことが予想される。

シールリングについては、維持管理を行っていくうえで将来交換することを想定して設計されているため、交換する際には、今回の調査結果を参考にシールリングの面幅の形状を検討・改良することによって水密性能を向上させることができると考える。

今後、シールリングに関する改良した結果を共有していくことによって、今回できなかった最適なシールリング形状を特定することができ、「漏水量ゼロのJFG」が製作されることに繋がるのではないかと考える。

謝辞

本稿をとりまとめるにあたり、多くの方々より図面等の提供にご協力頂きましたこと感謝申し上げます。

本論文は、著者の前任地である(独)水資源機構川上ダム建設所での成果についてとりまとめたものである。

参考文献

- 1)独立行政法人水資源機構.2012年4月.-機械設備施工管理基準 -p.154.
- 2)社団法人ダム・堰施設技術協会.2011年7月.-ダム・堰施設技術基準(案)(基準解説編・マニュアル編)第二版-p.95.
- 3)財団法人ダム技術センター.2000年3月.-ダム用小容量放流設備標準設計(案) -p.128.