

引き上げ式門柱レスゲートの動作検証等 について

宮崎 諒¹・福原 功二²

¹近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 防災課 (〒620-0875京都府福知山市字堀小字今岡2459-14)

²近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 防災課 (〒620-0875京都府福知山市字堀小字今岡2459-14)

福知山管内では度重なる浸水被害による緊急治水対策の一環として、由良川の築堤及び樋門設備の設置を数多く実施してきた。樋門設備においては、従来多く採用されている門柱式引き上げゲートに加え門柱レスゲートの採用も行ってきた。これには門柱や操作台、管理橋が一切不要となり、かつ、景観性の向上と建設コスト及び工期の縮減が見込めるという利点がある。

管内においては平成20年度に試験施工として初導入した安井地区を皮切りに、現在に至るまで5設備へ「引き上げ式」門柱レスゲートを導入してきた。ここでは従来ゲートとの運用の差異、適応作動条件等を検証するために、一昨年の大規模出水時の運用実績を踏まえ、稼働結果及び動作検証等をまとめたので報告する。

キーワード 門柱レスゲート、フラップゲート、引き上げ式門柱レスゲート、水密ゴム

1.樋門について

宅地に降った雨や水田の水（内水）が川となり堤防を横切ってより大きな川（外水）に合流する場合、上流の洪水等で高くなった外水が内水側に流入しないように設ける、逆流防止のためのゲート設備である。

図-1のとおり、平常時は外水が低く樋門の扉体（ゲート）は開いているので水は自然に流下している。



図-1 平常時の樋門状況 (ゲート開放)

洪水等により図-2のように外水が高くなると、川の水が樋門を通して内水側に逆流するので、宅地等の浸水被害の防止のため扉体を人為的に閉鎖する。

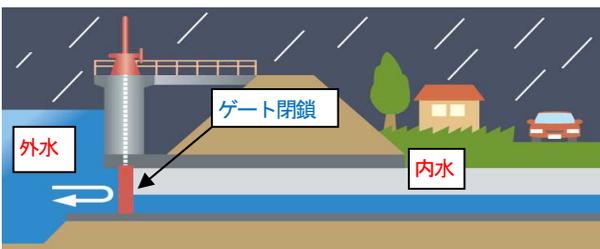


図-2 外水上昇時の樋門状況 (ゲート閉鎖)

2.門柱レスゲート

近年、樋門の柔構造化、堤防の緩傾斜化、樋門操作員の高齢化などへの対応が求められており、従来の門柱式引き上げゲート(図-3)の他に門柱レス式ゲート(図-4)の適用が検討され、施工される事例が多くなっている。

門柱レス式ゲートには、油圧駆動や無動力で扉体を開閉する構造の物があり、門柱式ゲートのように扉体の上方に開閉装置、操作台、操作室、管理橋が無い。

そのため、門柱式ゲートと比較すると管理橋等が不要かつ景観性に優れ、10%程度の建設コスト及び工期の縮減が図れるとされている。

門柱レス式ゲートは大別してフラップ式ゲートと引き上げ式門柱レスゲートの二つに分けられる。

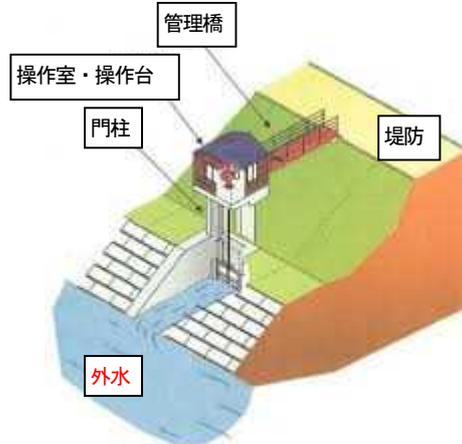


図-3 門柱式引き上げゲートの一般構造

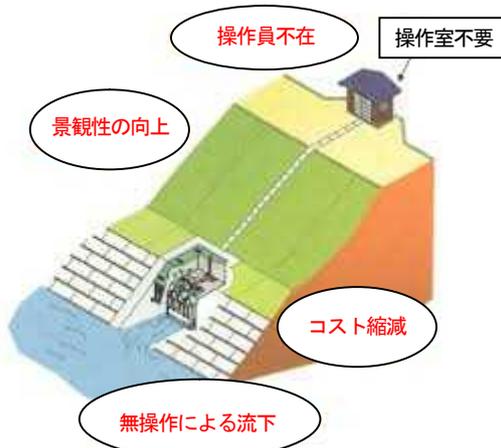


図-4 門柱レス式（フラップ）ゲートの一般構造

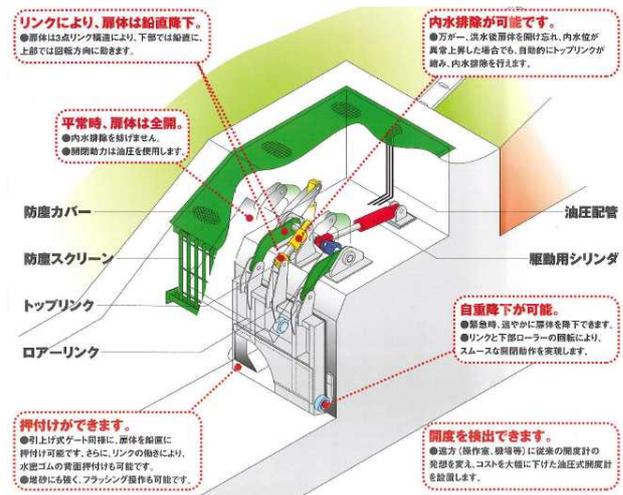


図-6 引上げ式門柱レスゲートの一般構造

(1).フラップ式ゲート

フラップ式ゲートは内外水位差による自然開閉が可能なゲート構造のため、樋門操作員及び開閉装置、操作室が不要であり経済性に優れている。

ただし、ゴミ等の異物の噛み込みや土砂堆積による不完全閉塞や開閉不能が起こる可能性もあり、農業用や人為的操作が著しく困難な場合等を除いて、設置場所は限定される。

フラップ機能（図-5）は内水よりも外水が高くなるとゲートが閉じ（逆流防止）、内水が高くなるとゲートが自然に開いて雨水等を流下させる構造となっている。

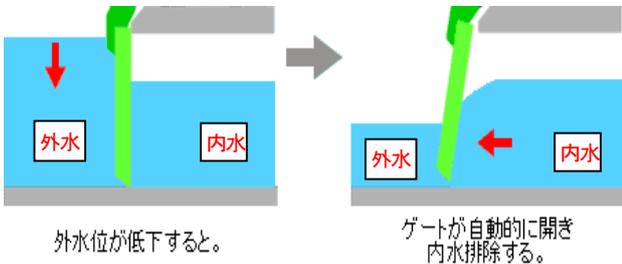


図-5 フラップ機能

(2).引上げ式門柱レスゲート

引上げ式門柱レスゲート（図-6）とは、上記フラップ式ゲートの弱点である異物の噛み込み及び土砂堆積防止のため、油圧及びリンク機構の働き（図-7）によって従来では円周運動のみであったゲート軌跡を水平・鉛直の両方向に可動できるよう工夫されたものである。

これらによって、異物の噛み込み防止、人為的除去、逆流防止機能の一層の向上が可能となり、門柱式ゲートの閉鎖性能と合わせ、フラップゲート同様の水位差による自然開閉も可能としている。

また、ゲート下端水密部に段差を必要としないため土砂堆積の影響を受け難く、干潮区間以外で概ね設置場所を選ばない構造となっている。

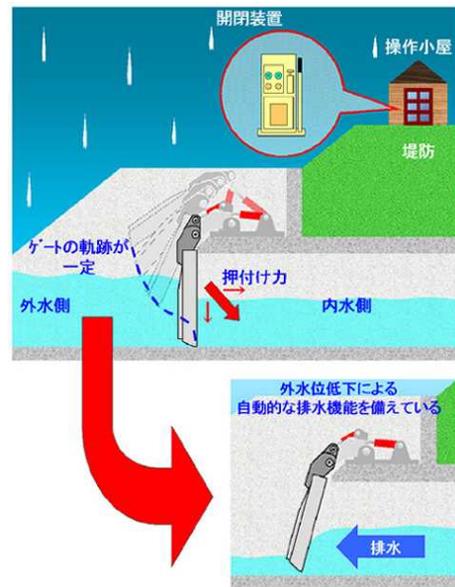


図-7 引上げ式門柱レスゲートの機能

3.引上げ式門柱レスゲートの施工実績

近畿管内においては、安井樋管（引き上げ式門柱レスゲート）が施工されるまで門柱レスゲートの多くがフラップ形式（全て許可樋門）であった。

よって、ゴミ及び土砂堆積の多い場所では採用ができず、開閉操作等が確実である従来からの門柱式ゲートを採用するケースが主流（直轄管理樋門）となっていた。

福知山管内においては輪中堤整備箇所異常氾濫に備え、樋門操作員が万が一退避してもなお、自動フラップ機構により内水排除が可能となる引き上げ式門柱レスゲートを多数採用している。

福知山管内における導入実績は、平成21年3月 安井樋管（試験施工）平成24年1月 枯木川樋門、平成26年3月 落谷川樋門、谷河川樋門、上野川樋門の合計5箇所となっている。

4. 引上げ式門柱レスゲートと門柱式ゲート（ラック式ゲート）の形式比較

表-1 引上げ式門柱レスゲートと門柱式ゲート（ラック式ゲート）の形式比較

評価項目	引き上げ式門柱レスゲート	門柱式ゲート(ラック式ゲート)	備考
動作及び機能	①樋門操作員退避後の無動力下でのゲート開閉 ②遠方監視制御下による自重降下(無動力閉鎖) ③閉鎖後の土砂フラッシュ機能		
①	◎ 樋門操作員退避後であっても、フラップ機能により水位差で開閉動作が確保される。	○ 樋門操作員退避後は、遠方監視制御により作動は可能。(操作するため設備が必要)	
②	○ 電磁バルブ開放で自重降下可能。	○ 電磁ブレーキ開放で自重降下可能。	
③	◎ 水位差により自然流下で可能。	○ 樋門操作員によるゲート操作により可能。	
	◎	○	
施工・運用実績	○ 近年開発された新技術であるが、全国的に施工・運用実績がある。	◎ 在来形式であり多くの施工・運用実績がある	
NETIS登録	◎	—	新技術活用促進
土木・建築施工	△ 門柱、操作台、管理橋の施工が削減されるが、堤防場の操作室建造に建築確認申請等が必要となり、実質工期が長くなる傾向にある。	○ 門柱、操作台、管理橋の施工に工期を要するが、建築確認申請等は不要。	
景観・地震変位	◎ 門柱、管理橋が無いため、風致地区などでは非常に有利となり、重心が低く安定している。	△ 門柱、管理橋が必要であり、景観及び地震事の変位(トップヘビー)が生じる場合がある。	
初期費用(参考)	△ 140百万円(1.27倍)	○ 110百万円(1.00)	落谷川樋門ベースで、土木構造物はゲート関連部分のみとし、建設コスト、維持管理費(50年間)で比較

表-1に示すとおり、両樋門とも構造的に優れており大きな課題は無いが、当初、工期の短縮及び初期費用の低減が期待されていた引き上げ式門柱レスゲートについて確認した結果、従来の門柱式ゲートのほうが設置コストは安く、施工工期もほぼ同程度であった。

それらを踏まえた上で、更なる信頼性の向上及び樋門操作員退避後の内水排除運用、今後の操作員不足対応として、フラップ運用で優位性の高い、引き上げ式門柱レスゲートを適切に採用することとしている。

5.大規模出水時の工事中門柱レス樋門の特殊運用

平成26年8月に起きた記録的な集中豪雨によって、福知山市街地で大規模な浸水被害(写真-1)が発生した。現場では工事の最中であったが緊急を要する事態となったため、無動力で自重降下操作を行い引き上げ式門柱レスゲートを全て全閉させ逆流防止を図った。

実際には堤防を超過する程の想定外出水であったため現場作業員の接近も容易では無く、そのため、逆流が始まる遙か前にゲートを全閉させ、以降の動作は全て内外水位差に任せた状態で長期間フラップ運用を行ったものである。

結果については、写真-3,4のとおり下部水密ゴムが度重なるフラップ動作に晒され、摩擦力によってゴムの一部が損傷する事態となっていた。しかしその損傷は軽微であり、治水機能上は全く問題なかった。



写真-1 福知山市内の浸水状況



写真-2 引き上げ式門柱レスゲートの一般外観

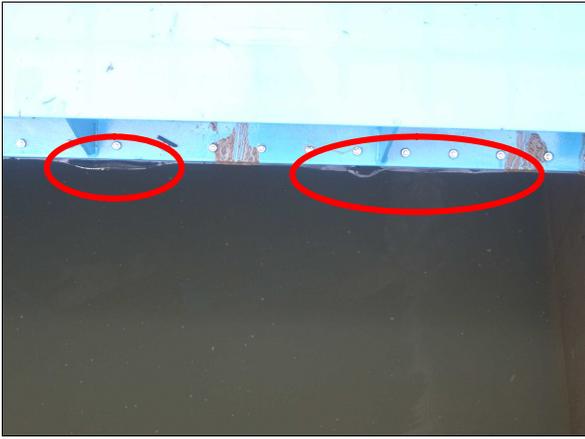


写真-3 水密ゴムの剪断状況



写真-4 水密ゴムの破断状況

破断状況を詳細に調査した結果、圧着水密により扉体底部の水密ゴムが下部戸当りと擦れ、剛性力の低いゴムが疲労破断したものであることが判明した。

6. 損傷対策

上記水密ゴムの損傷防止として、導入メーカーの協力を得て次のような再発防止対策を実施した。

上野川樋門：平ゴムからLゴムに取り替え（写真-5）



写真-5 底部水密ゴム（改善後のL形ゴム）

通常多用される平ゴムでは底部に圧着するよう「つ

ぶれ代」を考慮した設置が必要であるが、押し付け力が強い場合は水密ゴム自体が損傷してしまう。そこで、外水の水圧により押しつけられるL形状に切替える事で精緻な設計施工・現場管理が不要となり、かつ、内水位が上昇すると逆に押し付け力が弱まる傾向となり、安全確実にフラップが可能となるように対策した。

落谷川樋門・谷河川樋門：平ゴムの厚みを増して最適な剛性力を持たせ、さらに、ゲート下端の圧着度を最適化した。（写真-6）



写真-6 水密ゴム写真（高剛性平ゴム）

7. 現場検証

以上の対策を3樋門に施した結果、水密ゴムの剪断及び破断も皆無で、全て正常に稼働できる事を既に確認している。

本論文を纏めるにあたり、Lゴムにて対策済みである上野川樋門における内水上昇に伴うフラップ動作水位の精度確認、水密ゴムの止水状況及び損傷の有無等について検証を実施したので、次のとおり報告する。

（写真-7～16）



写真-7 ゲート下端ゴム状況



写真-8 L型水密ゴムの全閉前状況

ゴムのめくれや破断はなし

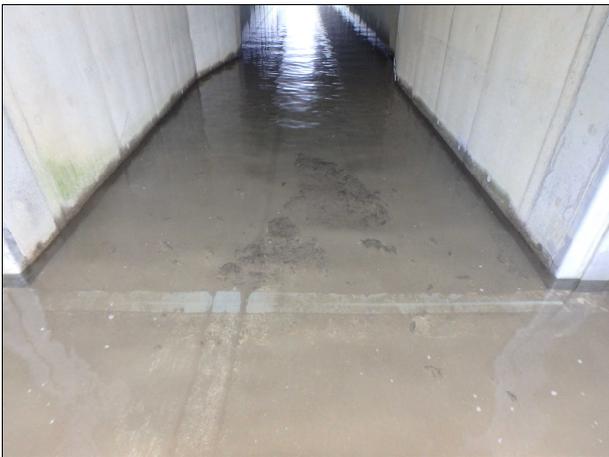


写真-9 全閉前の土砂堆積状況



写真-10 樋門全閉状況 (外水側)

外水（正水圧）が無くともゲート部からの漏水は一切生じていない。

左右4個のステンレスローラーは、扉体が鉛直動作をする際の摩擦抵抗を軽減させるためのものであり、従来のフラップゲートには存在しない。

これらによって、万が一外水圧力が働いた状況下でも、安全確実に樋門閉塞を可能としている。



写真-11 樋門全閉状況 (内水側)



写真-12 盤面内・外水位表示

(外水位90mm 内水位340mm 250mmの水位差にて、自動的にフラップ動作で流下を開始。)

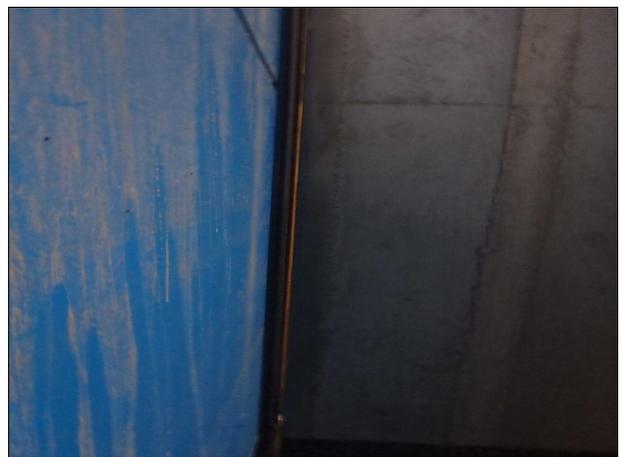


写真-13 全閉後のフラップ状況

外水が無い状況ではあるが、わずか250mmで流下が可能となり、樋門閉塞後の安全な流下が可能である。



写真-14 フラップ時の流水状況 (外水側)



写真-15 フラップ後の水密ゴム状況
ゴムの剪断、破断は起こっていない。



写真-16 フラップ後の堆積土砂状況

8.結果

動作検証の結果、樋門ゲートを通常全閉とした状況下では、適切に水密を保持しており、250mmの水位差(写真-12)でフラップすることが確認された。幾度と無くフラップ動作を確認したが、その際、ゴムの剪断や破断も無く正常に稼働していた。ボックスカルバート周辺に僅かな土砂堆積があったが、フラップ動作に伴い発生した高速水流によって土砂フラッシュの確認も実施できた。

9.課題

今回の検証データについては、実施時に好天に恵まれた結果、思った程の内外水位差が生じなかった。そのため実際の大雨による出水時には高水圧下での運用と、幾度にもわたる大きなフラップ動作が予想される。

よって、前回の工事中特殊運用のような、早期閉鎖及び長期放置による過酷な状況下でのゲート運用時の水密ゴムの破断有無等について状況を確認する必要があると考える。

また、引き上げ式門柱レスゲートは導入後間もないため大規模修繕費等の実績も無く、リンク機構の老朽化によるフラップ機能への影響や油圧シリンダーの修繕等、今後の維持管理費も不明確であるため、事務所としては信頼性向上と併せアセットマネージメントにも引き続き取り組む所存である。

10.まとめ

今回の動作検証は、新技術活用によるゲート設備の導入検討や信頼性向上に向けた取り組みの一環として報告したものであり、各種設置条件によっては引き上げ式門柱レスゲートの優位性を発揮する事が可能と思われる。

また、東日本大震災においては、地震後の津波遡上の防止のために河口部周辺の河川ゲートを消防署員や水防団員等が緊急閉鎖を行ったが、逃げ遅れによって多くの人命を落としている側面もある。

既に樋門操作員の高齢化等による担い手不足や異常出水時の退避水位の設定等、今後益々、人命優先で迅速確実な河川管理施設の運用が求められるところでもある。

引上げ式門柱レスゲートの強みは自動フラップである。大規模地震時には長期の電源喪失も想定されるが、引上げ式門柱レスゲートならば、不幸にも台風と同時に災禍となった場合でも地震直後の出水前閉鎖によって、津波及び無電源による逆流防止機能に寄与する可能性がある。

既に多くの樋門にはバックアップシステムとして遠方監視制御装置も構築しているところであるが、今後避けては通れない設備の老朽化や陳腐化などに対し、多くの維持費の確保と修繕等が必要である。

これらバックアップシステムの費用軽減のためにも無動力、無操作による樋門の自動開閉は有効であり、信頼性を損なう事が無ければ、今後コスト縮減についても寄与できるものと推察される。

謝辞: 引上げ式門柱レスゲートの動作検証にあたり、資料提供等とりまとめにご協力頂きましたゲートメーカーの皆様に、心より感謝致します。