

平成25年度

既設樋門の自動開閉ゲート化 に向けた検討について

旭川開発建設部 名寄河川事務所 計画課

○佐藤 武志
村上 泰啓
日詰 智之

近年、局所的な豪雨災害が増加している中、樋門操作人の後継者不足や高齢化などによる樋門の操作遅れに対するリスクが高まってきており、自動開閉式ゲートの整備が進められているところである。北海道開発局で管理する樋門は H25 年度末で 1,445 カ所に及び、そのうち名寄河川事務所で管理するものは全体の約 12% に相当する 173 カ所に及ぶ。現在、樋門維持管理の合理化を進めるため、樋門流域を統合化する検討や自動開閉ゲート化を進めているが、予算の制限もあり、年間 3 施設程度が限界である。名寄河川事務所ではこうした現状を鑑み、より低コストで将来的な手戻りが少ない自動開閉ゲートの試験施工を行った。ここでは H24 年度融雪出水時に観測されたゲート開度、内外水位データにより、本方式による自動開閉ゲートの有効性を検証したほか、将来的な拡張性について整理した。

キーワード：自動開閉ゲート、樋門操作、水密構造

1. はじめに

近年、日本においては気象状況の変化に伴い、突発的に起こる局所的な大雨が増えてきていることから、樋門ゲート操作に対し、更なる確実性が求められる状況にある。その反面、維持管理費の縮減、樋門操作人の高齢化及びその後継者不足等、多くの課題があり、樋門の操作遅れというリスクは高まっていると言える。

このような背景のもと、内外水位に追従する自動開閉式ゲートの導入が進められてきているが、樋門数が多いため、直ちに全ての樋門に対応することは難しい状況にあり、これは名寄河川事務所管内においても同様である。

そのため今回、急激な水位上昇に対する操作遅れ防止を目的としながら、施工性及びコスト面を考慮した既設樋門の自動開閉ゲート化について、実際の樋門を用いた検討及び試験施工の実施内容を報告するものである。

2. 対象樋門の選定

操作遅れ防止対策を実施する樋門については、名寄河川事務所管内の樋門の中から、下記の点について留意し選定することとした。

(1) 過去の出水記録より内水氾濫が生じた樋門管

最近の被害状況を反映するものとし、過去10年の出水記録より一度でも内水氾濫が生じた樋門管を抽出した。（管内 173 樋門中 63 樋門が該当）

(2) 自動開閉ゲートの適用が可能な樋門管

自動開閉ゲート適用を前提に、ゲートの不完全閉塞の可能性が高い樋門管及び内水氾濫による背後地への影響が高い樋門管を対象より除外した。

（対象 63 樋門のうち 20 樋門を除外）

(3) 自動開閉ゲート適用による効果、必要性が高い樋門

内水氾濫実績、樋門操作実績、水位特性などから対象樋門を比較した。

a) 内水氾濫実績

氾濫実績が多い樋門管は今後も被害が生じるリスクが高く、自動開閉ゲートの適用により治水効果を高めることができるものと考え、改築の必要性が高いと判断した。

b) 樋門操作実績

過去の出水において、樋門操作の実績がある樋門管は氾濫実績の有無にかかわらず、潜在的に被害が生じるリスクが高いと判断した。また自動開閉ゲートの適用により、人為的な操作の負担を減らす目的もあることから、改築の必要性が高いと判断した。

c) 水位特性

水位上昇速度が速い樋門管については、外水位上昇時における操作遅れのリスクが高まるものと考え、樋門管地点における水位上昇速度が速い箇所との必要性が高いと判断した。

（対象 43 樋門のうち必要性が高いと判断した 6 樋門を選定）

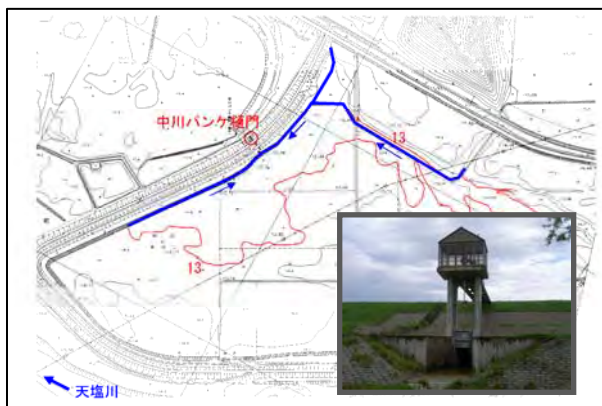


図-1 中川パンケ樋門位置図

(4) 樋門管の選定

以上の点を考慮し選定した6樋門の中から、最終的に対策対象樋門を「中川パンケ樋門」とした。

所在地 : 中川郡中川町字中川
 築堤名 : 中川パンケ築堤
 距離標 : 天塩川右岸 KP 54.28
 断面形状 : 1.5m×1.5m×47.1m (1連)

3. ゲート操作遅れ防止対策の検討

具体的な防止対策の立案にあたり、施工性及びコスト面を考慮することを重視し、下記の方針とした。

- ・既設樋門の改修を最小限となるような構造とし、過大な水密性を求めない
- ・内外水位差により自動開閉が可能なゲートの設置 (以下、予備ゲートと称す)

(1) 自動開閉ゲートの形式検討

自動開閉ゲートの形式としては、フラップ式・フロート式・横開き式の3つを抽出した。それぞれの形式における土木構造物の改修について、比較検討の結果 (表-1 参照)、本対策のゲートは「フラップ形式」を採用することとした。

さらにフラップ形式は大きく分けて2種類ある。

- ① 通常のフラップゲート
- ② フラップゲートにバランスウェイトとフロートを取付し、扉体開閉力を小さくしたフラップゲート

近年整備が進んでいるフラップゲートは②であり、初期開度を保つことで通常の排水時における不完全閉塞が生じにくい。また、わずかな内外水位差にも追従し自動で開閉するといった利点から採用されているものであり、本検討においても②を採用することとした。

表-1 ゲート形式の選定※1)

	フラップ形式	フロート形式	横開き形式
概要			
扉体上部をヒンジでぶら下げた形式	扉体上部をヒンジでぶら下げた形式	扉体を容器構造とし、扉体の自重と浮力で自動開閉する下ヒンジ形式	扉体側面をヒンジで接続した形式
改造範囲についての評価	上部のヒンジ構造で支えるため、翼壁等の上部に設置するだけでよく、改造は最小限とすることが可能	扉体を下部に納める構造であるため、固体や翼壁等到大規模な改造が必要	側面に支承部を設けなければならないため翼壁等到大規模な改造が必要
	○	△	△

(2) ゲート形式の構造検討

対策の方針に掲げている「既設樋門の改修を最小限とする」については、土木構造物の大幅な改修を必要としない構造を前提として考え、ゲート側 (機械設備側) のみで対応可能な構造を検討した。通常、無動力式ゲートを設置する場合は、吐口部分に30cm程度の段差を設けて、その段差部分を利用して設置されるのが一般的である (図-2)。ただし翼壁や吐口水路等、土木構造物の改修が必要となりコストがかかる。そこで本検討では既設引上げ式ゲート前面の翼壁部に予備ゲートを設置 (図-3) し、土木構造物の改修をしないこととした。

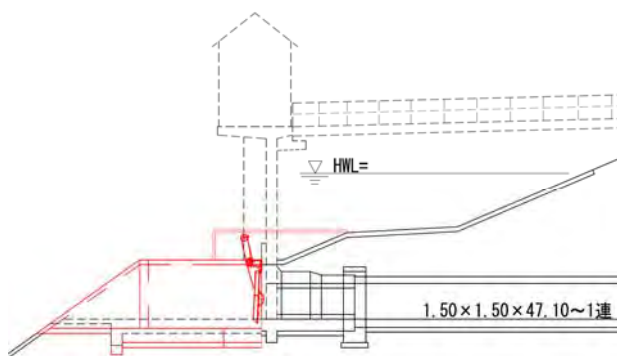


図-2 一般的な自動開閉ゲート設置図

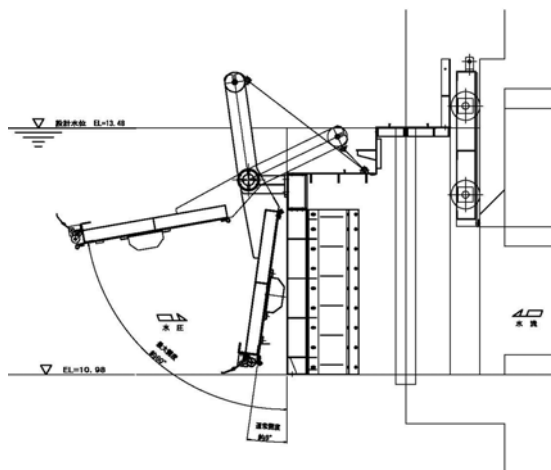


図-3 試験施工形式模式図

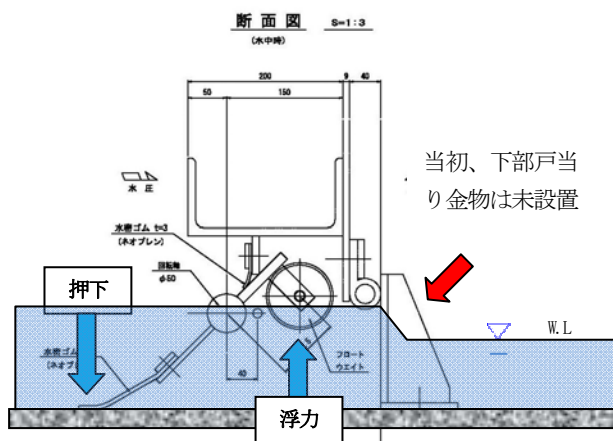


図-4 下部可動式水密構造模式図



図-5 予備ゲート設置状況写真

今回設置した予備ゲートは、樋門吐口水路を改築していないため、扉体下部の水密性確保が課題であった。この解決案として扉体下部に可動式の水密ゴムを取り付けることとした。(図-4)に可動式水密構造の断面を示す。通常は堤内排水の水流が右方向より左方向へ向かって流れていくが、外水位上昇等により扉体下部に設けられた可動用フロートウエイトが浮力によって浮き上がり、堤外側の平ゴムが押しつけられて止水を期待する構造とした。

現地における予備ゲート設置状況写真を(図-5)に示す。

(3) 予備ゲートの運用方法

今回設置した予備ゲートの運用シナリオを以下の様考えた。

- ① 出水初期は本ゲート前面に設置した予備ゲートが内外水位差に応じ自動開閉
- ② 操作員が樋門に到着し、内外水位状況に応じて本ゲートを閉じる（通常樋門操作）
- ③ 内外水位状況に応じて本ゲートを開ける（通常樋門操作）。この際、順流であれば予備ゲートより内水が排出される
- ④ 出水終了まで予備ゲートが水位に応じ自動開閉

予備ゲートの設置で、樋門操作員到着までの時

中川パンケ樋門（樋門敷高10.98m、樋門閉扉水位12.10m、翼壁天端13.48）
予備ゲート（通常開度8度、最大開度78度）

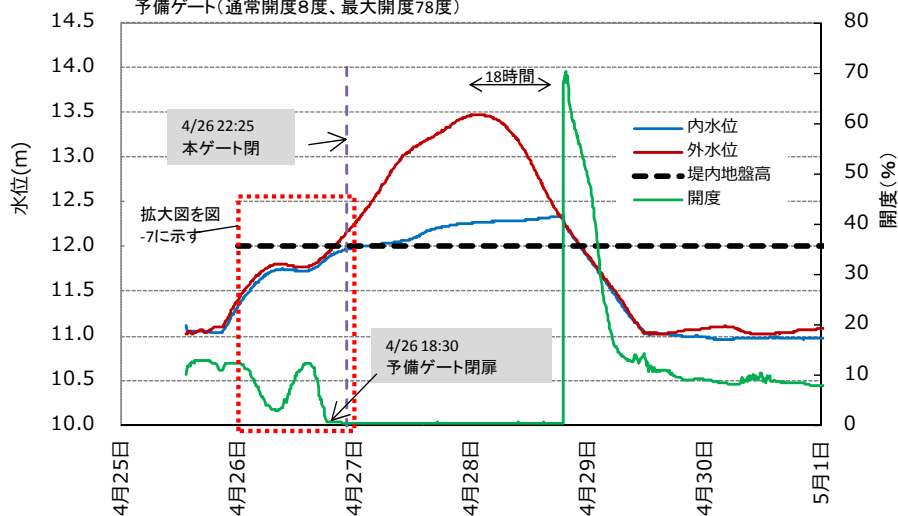


図-6 融雪出水時のデータ（4月25日～5月2日）

中川パンケ樋門（樋門敷高10.98m、樋門閉扉水位12.10m、翼壁天端13.48）
予備ゲート（通常開度8度、最大開度78度）

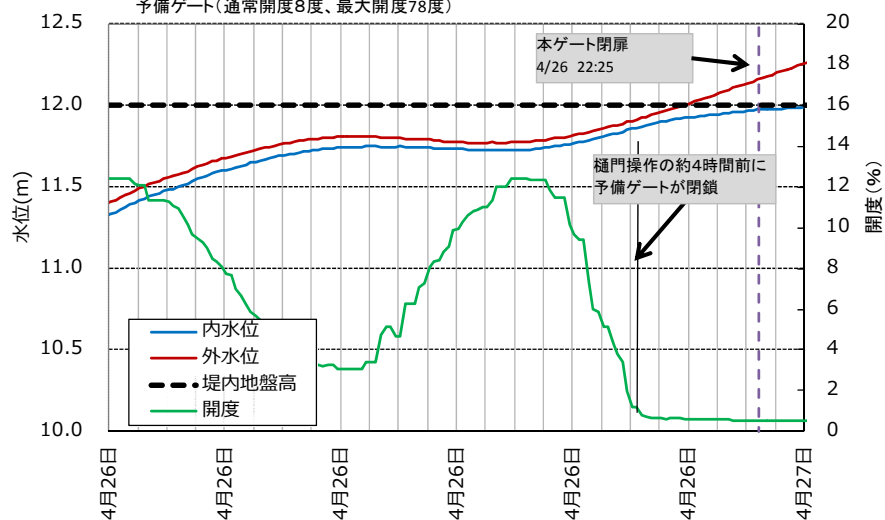


図-7 閉扉付近のデータ（図-6拡大）

間を稼ぎ、操作遅れを防止する効果を期待した。

4. 融雪出水時の予備ゲート操作データ

H24.4に発生した融雪出水時に予備ゲートが開閉して

おり、内外水位計、開度計に接続されたロガーにより予備ゲートの動作データが取得できた。

(1) 融雪出水時における動作分析

平成24年4月25日～5月2日において、融雪出水により天塩川本川水位が上昇し、当該樋門の操作が発生したことから、動作データを分析する事とした。図-6に予備ゲートの稼働があった期間における、内外水位及び予備ゲート開度を示す。

樋門操作員が本ゲートを閉扉した4/26 22:25には既に予備ゲート開度が0度となっており、本ゲート閉扉の約4時間前には予備ゲートが閉扉していたことがわかる。また本ゲート閉扉直前に水位が一時下降に転じているが、その場合でも予備ゲートが追従し開度が大きくなっている事から、内外水位に応じた開閉動作が行われていたと読み取れる（図-7参照）。

出水が終わり、本ゲート開扉後は速やかに予備ゲートも開扉しており、支障なく内水位が低下している。

以上のことから今回設置した予備ゲートは、内外水位や本ゲート操作状況に応じて、自動開閉が行われたことが確認された。

(2) 有効性確認試験の実施

本対策の有効性を確認するため、予備ゲート動作確認試験を実施し、ゲートの挙動を調査した。

a) 動作確認試験の実施方法

予備ゲート吐口前面に仮締め切り（大型土のう、 $H=1.0\text{m}$ 程度）を設置し、本ゲートを閉扉、樋門吐口水路側にたまっている水を水中ポンプにて揚水し、擬似的に予備ゲート前面に水位上昇状況を再現した。実際の出水時を想定し、予備ゲート下部に草木が堆積している状態とそうでない状態で、特に下部可動水密（図-4参照）の動作について確認した。

b) 試験状況（草木堆積なし）

障害物がない通常の状態、予備ゲートの作動状況を確認した。水位の上昇下降を1セットとし、計2セット実施したが、下部可動水密の動作は確認できたが予備ゲート自体はほぼ作動せずに、通常開度である約8度を保持したままであった。これは下部可動水密の側部である間隙より堤内側へ水の逆流が起こっており、予備ゲート前後の水位が同時に上昇している状況であったことと、水深50cm程度では予備ゲートが作動する水位に到達していないためであると考えられる。

c) 試験状況（草木堆積あり）

予備ゲート下部に草木を堆積させて、水位上昇によるゲートの作動状況にどのような影響を及ぼすのかを確認した。草木が支障となって開閉動作に影響があるものと推察されたが、草木堆積なしの状態とほぼ同一であった。

d) 試験状況（下部戸当り設置）

ゲート側部間隙部からの逆流が想定より多かった事か



図-8 融雪出水時の状況



図-9 試験前（草木堆積）



図-10 試験後（草木堆積）

ら、あらかじめ製作して現地に保管してあった下部戸当り金物を吐口水路上へ据付し、作動及び水密状況の確認を行った。既設引き上げ式ゲートを閉じた状態で湛水し、本ゲートを開扉したところ、予備ゲートの閉扉動作が起こり、開閉挙動が確認された。

5. 有効性確認試験結果のまとめ

予備ゲートの動作確認試験結果から、以下の結果が得られた。

(1) 予備ゲートの作動状況

側部間隙部からの逆流量が想定を上回っており、精度の高い水密性は望めなかったが、期待される開閉挙動は概ね達せられた。

(2) 草木堆積の影響

今回の試験においては、草木の堆積がゲートに及ぼす影響は確認できなかったが、通常排水時の開口は大きくないことから、大量に堆積した場合には支障があるものと推察される。

(3) 下部可動水密の状況

水位上昇により、可動部が動作し水密ゴムを押しつける状況が確認できた。しかし想定していた程度までの水密性は確保できなかった。

(4) 下部戸当り金物設置時の作動状況

急遽据付したため、据付精度が荒く完全な水密性を確保できなかったが、再据付すれば概ね止水できる事が確認された。水路上が堰上げの状態となり、流木や刈草などによる障害が発生する懸念がある。

6. 今後の検討課題

(1) 予備ゲート下部の水密性向上

内外水位に応じて開閉する予備ゲートの機能については、当初の目的を概ね達成できたと考えられる。しかし予備ゲートが閉扉しても、ゲート下部の水密性が完全でないため、堤外側の水が堤内側へ逆流し、その逆流量も想定以上であることから、水密性の向上が必要であると考えられる。当面は下部戸当り金物を設置した状態で、予備ゲートの作動状況をモニタリングし、新たな下部水密構造を検討していく必要がある。

また、下部戸当り金物設置によって函内水路が堰上げ状態になり、土砂や刈草が函体内にたまりやすい状況となる。このため、下部戸当り金物構造の再検討が必要のほか、維持管理にも十分注意が必要である。

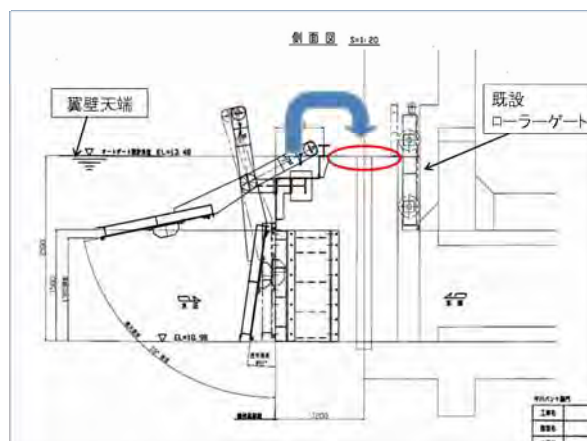


図-11 翼壁天端を越える逆流

(2) 引き上げ式ゲート前面の鋼製蓋の水密性向上

既設引き上げ式ゲート前面に設置した鋼製蓋について、翼壁上部から堤内側への逆流（図-11）を抑制する目的で、蓋の隙間に平型ゴムを取り付けたものを設置している。本検討では、翼壁天端までの初動対応を当初の目的としていたが、今後は将来的に門柱及び既設ゲートを取り外し、予備ゲートを本ゲートとした状況においても対応が可能となるよう、翼壁天端を越え函内水路に逆流する水を防止する水密構造を検討しておく必要がある。

7. おわりに

本方式は樋門施設の部分改築や築堤開削などの手間が掛からないことから、従来型の自動開閉ゲート化コストよりも低コスト化が図られる。このため地域防災力を早期に発現する必要がある区間などへの設置が有効であると考えられる。今後も予備ゲートの動作確認や水密性向上の検討、維持管理についての情報収集・分析を実施し、来るべき高齢化社会における治水安全度向上のための方策について検討していきたい。

参考文献

- 1) 社団法人 ダム・堰施設技術協会
：ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）