

樋門監視システム（遠隔監視タイプ）の開発と 現場実装

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○永長 哲也
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地河川チーム 阿部 孝章
北海道開発局 函館開発建設部 工務課 橋本 拓弥

河川管理においては、洪水時等に迅速かつ的確な樋門操作が求められる一方、操作員の減少や荒天・夜間対応などの課題から、樋門操作の省力化・効率化が必要とされている。寒地土木研究所では、簡易な構成で導入可能な「樋門監視システム（遠隔監視型）」の開発を行った。今回、函館開発建設部今金河川事務所が管理する今金2号樋門に実装したので、その概要を報告する。

キーワード：樋門操作支援、無線通信、IoT、省力化・効率化

1. はじめに

近年、河川管理を取り巻く環境は大きく変化しており、樋門操作員の高齢化や後継者不足が進む一方で、気候変動に伴う豪雨の頻発化・激甚化により、より迅速かつ確実な施設操作が求められている。特に樋門・樋管の操作においては、降雨時や夜間に現地へ赴き、操作水位の確認を行う必要があることから、操作員の安全確保や移動時間の短縮が大きな課題となっている。

これらの課題に対し、遠隔操作・遠隔監視技術の導入が有効と考えられるが、従来のシステムは大規模で高コストとなる場合が多く、小規模な樋門への展開が困難であった。そこで寒地土木研究所では、「CPS/IoT時代の河川管理施設管理システムの開発と運用に関する研究」¹⁾の一環として、低コストかつ簡易に樋門の状況を把握できる監視システムの検討を行い、必要最小限の機能に絞った「樋門監視システム（現場操作支援タイプ²⁾および遠隔監視タイプ）」を開発した。今回、これらのシステムのうち、遠隔監視タイプを現地樋門に実装したことから、その概要について報告する。あわせて、本システムの主な機能（内外水位の常時監視、現地映像による状況把握、履歴データの閲覧等）について紹介する。

2. 樋門監視システムの概要

(1) 開発コンセプト

開発にあたっては以下の点を重視した。

- ・構成を簡素化し、低コストで導入できること。
- ・電源を含め自己完結型とし、既設樋門へ影響を与えない機構とすること。
- ・樋門操作時の状況把握に必要な情報を確実に取得できること。

(2) システム構成

本システムは以下の機器で構成される。

- ・水位計（内水位・外水位）
- ・ネットワークカメラ（樋門周辺および扉体部）
- ・通信機能付データロガー（携帯通信網を利用）
- ・電源装置（太陽光）
- ※以上の機器は、内水位用および外水位用の2系統構成としている。
- ・遠隔監視用表示端末（PC、スマートフォン等）

取得したデータは通信装置を介してクラウド上のサーバに送信され、これをWebブラウザ上で閲覧可能とした。遠隔監視用表示端末は専用機器を設けることなく、PCやスマートフォン等からの利用可能な構成とした。システム構成を図-1、システム設置イメージを図-2に示す。

(3) 水位計側方式の選定

樋門の内外水位計測方式については、超音波式水位計および圧力式水位計を対象に比較検討を行った。圧力式水位計は水中に設置する必要があり、設置に手間を要する。堆積土砂や漂流物の影響を受けやすく、定期的な点検・清掃が必要となるほか、寒冷地においては凍結の影響も懸念される。

一方、超音波式水位計は水面に非接触で計測が可能

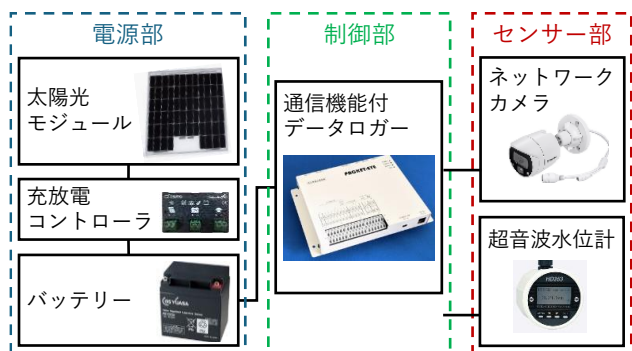


図-1 システム構成

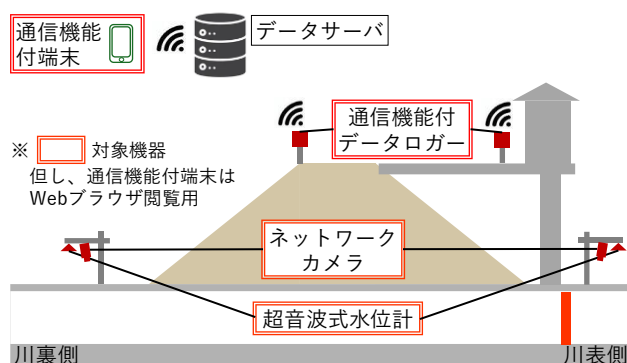


図-2 樋門監視システム設置イメージ

であり、陸上部から容易に設置できることから、既設樋門への後付けが容易である。また、水中に機器を設置しないため、施工および維持管理の負担軽減が図れる。なお、本システムは現場での簡易設置を主眼としていることから、施工性および維持管理性を重視した方式を選定した。以上の理由から、本システムでは既設樋門への適用性を考慮し、超音波式水位計を採用した。ただし、超音波による計測では反射のためのクリアランス（経路上に障害物がないこと）が必要であるため、設置にあたっては留意が必要である。

(4) カメラの選定

樋門操作時においては、内外水位の情報に加え、樋門周辺状況（扉体および樋門周辺）を把握することが重要である。

カメラ方式としては、USBカメラやネットワークカメラなど複数の選択肢が考えられるが、本システムでは、屋外設置を前提とした信頼性および運用面での利便性を重視し、ネットワークカメラを採用した。

ネットワークカメラは、屋外利用を想定した防塵防水性能を有しており、樋門周辺の厳しい環境条件下においても安定した画像取得が可能である。また、赤外線照明機能を備えた機種を選定することで、夜間や降雨時など視認性が低下する状況においても、樋門周辺の状況を確認することができる。以上の理由から、本

表-1 樋門監視システムの主要機器仕様

超音波水位計	超音波周波数	50kHz
	距離測定範囲	0.3～10m
	分解能	1mm
	使用温度	-20℃～70℃
	電源電圧	DC12～24V
ネットワークカメラ	出力電流	4～20mA
	画像解像度	1920×1080(2MP)
	防塵防水性	IP66
	使用温度	-30℃～55℃
	赤外線照明器	約30m
通信機能付データロガー	撮影調整可能角度	水平118° / 垂直65° / 対角140°
	入力データ	水位データ、カメラ映像
	計測周期	1min～任意の時間設定
	送信周期	1min～任意の時間設定
	通信方式	パケット通信
太陽電池モジュール	使用温度	-20℃～50℃
	太陽電池素子	単結晶シリコンセル
	公称最大出力	33W
バッテリー	使用温度	-20℃～40℃
	公称電圧	12V
充放電コントローラ	定格容量	24Ah
	充電方式	3段階方式（バルク、吸収、フロート）
	動作温度範囲	-20～60℃

表-2 樋門監視システムの主な表示機能

樋門名	○○○○樋門
警戒水位	○. ○○m（手入力設定機能）
現観測日時	2023/00.00/00:00
現内外水位	0.00m → （数値横に矢印色別傾向表示） 変化なし；水平矢印 → 水位上昇；上向矢印 ↗ 水位下降；下向矢印 ↘
履歴閲覧	内外水位及び樋門開閉は時系列履歴閲覧ができるよう「履歴閲覧タブ」を設定
情報更新	最新情報の閲覧が可能となるよう「リロードタブ」を設定
カメラ画像表示	樋門周辺画像の同時刻2画面同時表示
カメラ画像拡大・保存	表示画面タップにより拡大表示、保存タブによる記録機能

システムでは、夜間出水時における樋門操作判断の支援に有効であるネットワークカメラを採用した。

(5) 機器仕様

本システムに用いる主要機器については、前述の開発コンセプトに基づき、屋外環境下での耐久性および既設樋門への後付けの容易さを重視して選定した。選定した主要機器の仕様を表-1に示す。

(6) 樋門監視システムの表示機能

取得した水位データおよびカメラ画像は、自動的にサーバに配信・記録される。河川管理者および操作員

は、遠隔監視用表示端末（PC、スマートフォン等）からサーバにアクセスすることにより、これらの情報をWebブラウザ画面で確認することが可能である。表示画面は、必要な情報を直感的に把握できる構成としている。本システムで提供する主な表示機能を表-2に示す。

3. 現場設置試験

本システムの実運用への適用に先立ち、年間を通じた稼働状況および環境条件下での安定性を確認することを目的として、複数の型式（ローラゲートおよび自動開閉ゲート）の樋門を対象に現場設置試験を実施した。試験は、令和5年12月から令和6年11月までの約12か月間、札幌開発建設部札幌河川事務所の協力により厚別川A樋門、石狩川本川下流B樋門に本システムを設置して実施し、冬季および夏季を通して安定した稼働が確認できた。設置状況を写真-1、写真-2に示す。



写真-1 設置状況(厚別川 A 樋門 自動開閉ゲート)



写真-2 設置状況(石狩川本川下流 B 樋門 ローラゲート)

4. 現場実装の概要

前章の現場設置試験により、本システムが年間を通じて安定的に稼働することを確認したことから、樋門への現場実装を行った。

(1) 対象施設

本システムは、函館開発建設部今金河川事務所が管理する今金2号樋門に設置した。当該樋門は後志利別川（右岸 KP16.6付近）に位置し、周辺は住宅地が広がっている。また令和4年8月には低気圧の影響による大雨³⁾により、市街地において内水氾濫が発生した経緯があり、出水時における迅速かつ的確な樋門操作が求められる施設である。

このような背景を踏まえ、樋門操作時の状況把握を支援する手法の導入が必要と判断され、今金河川事務所からの要請により、本システムを当該樋門に設置し、現場実装を行った。設置場所を図-3に示す。



図-3 設置場所 (今金2号樋門)

(2) 設置概要

設置は令和7年10月に実施した。既設構造物への影響を最小限とするため、構造物へのアンカー固定を最小限にとどめ、既存配管への抱き合わせを活用するなど、簡易な施工方法を採用した。設置状況を写真-3に示す。



写真-3 設置状況 (今金2号樋門 ローラゲート)

(3) 運用方法

平常時は定期的に遠隔監視画面を確認することで、施設の状態把握が可能である。出水時には、現地へ向

かう前に水位や樋門周辺状況を把握することにより、樋門操作の判断を支援できる。

図-4に示す遠隔監視用Web画面では、対象樋門の川表・川裏の水位、経時的な水位変動状況および樋門周



図4 操作画面

辺状況を示す画像を同一画面上で確認できる。また、過去の水位データおよび画像データについても一覧表示が可能であり、出水時の状況把握や事後確認に活用できる構成としている。さらに、設定画面では、水位の基礎データや配信時間等の各種条件設定を行うことができる。

5. 導入の効果

(1) 状況把握の迅速化

樋門監視システムにより、操作員は自宅や事務所等の遠隔地から、樋門の水位および現地状況をリアルタイムで把握できるようになり、状況把握の迅速化が図られた。

(2) 安全性の向上

荒天時や夜間においても、現地映像および水位情報を遠隔で確認できることから、現地出動が抑制され、樋門操作のための現地確認作業を低減することが可能

となった。これにより、操作員の移動リスクが低減され、安全性の向上が図られた。

(3) 省力化・効率化

従来、操作水位確認のために現地で実施していた作業を、スマートフォン等の端末を用いて遠隔で確認できるようになり、現地確認作業の削減を通じて、省力化および業務全体の効率化が図られた。

6. 課題と今後の展開

本システムについては、現場設置試験において年間を通じた稼働を行い、通信障害や機器の耐久性を含め、大きな支障が生じないことを確認した。さらに、今金2号樋門への設置後においても、冬季間約3か月を経過した現時点では、特段の課題は確認されていない。

一方で、長期間の継続使用に伴う信頼性の確保や、通信障害発生時の対応方法については、引き続き検討が必要である。今後は、稼働状況の把握を行うとともに、他の樋門・樋管への適用を進め、運用データの蓄積を図り、本システムの有効性及び適用性の向上を図る予定である。

7. おわりに

本研究では、簡易な構成で導入可能な樋門監視システム（遠隔監視タイプ）を開発し、現場設置試験により有効性及び安定性を確認した。さらに、その成果を踏まえて今金2号樋門に実装した。その結果、樋門操作時における状況把握の迅速化、安全性の向上および省力化に寄与することを確認した。本システムは、小規模な樋門を含む河川管理施設において、今後の効率的な管理を支援する有効な手段の一つとなると考えられる。

参考文献

- 1) 神原柚乃, 阿部孝章, 永長哲也: 樋門操作支援システム開発に向けた課題抽出について, 第66回北海道開発技術研究発表会, 2023.2
- 2) 阿部孝章, 神原柚乃, 永長哲也, 堀田伸之: 樋門操作支援のための簡易型水位計測システムの開発と現地適用について, 令和7年度土木学会全国大会, 2025.9
- 3) 北海道開発局函館開発建設部: 後志利別川河川維持管理計画画, P5, 2023.11.