

平成29年度

石狩川頭首工の設計・施工・管理の概要

札幌開発建設部 札幌北農業事務所 工事課 ○佐藤 禎示
横川 博司
桑原 康弘

篠津地域の農業水利施設は、昭和30～40年代に整備されたが、深水かんがい用水等が不足するとともに、施設の老朽化が進行したため、平成7年度から国営かんがい排水事業「篠津中央二期地区」により、老朽化の著しい石狩川頭首工をその下流側に新たに建設することとし、平成29年度に完了予定である。本報では、国内有数の一級河川である石狩川の下流部で改築が進められている新頭首工の設計・施工・管理の概要について報告する。

キーワード：基礎技術、設計・施工、維持・管理、自然環境

1. はじめに

篠津地域は、札幌市の北東約50km、石狩川下流右岸の4市町村（江別市、当別町、月形町、新篠津村）に広がる平野部に位置する、道内有数の水田地帯である（図-1）。篠津地域の農業水利施設は、昭和30～40年代に篠津地域泥炭地開発事業により整備されたが、冷害防止のための深水かんがい用水等が不足するとともに、施設の老朽化が進行した。このため、平成7年度に着手した国営かんがい排水事業「篠津中央二期地区」により、老朽化の著しい石狩川頭首工（以下、「旧頭首工」）の下流側に新たな頭首工（以下、「新頭首工」）の建設を進め、平成29年度に完了予定である。

本報では、新頭首工の設計・施工・管理の概要について報告する。



図-1 篠津地域位置図

2. 石狩川頭首工の概要

篠津地域は、かつて、河川の後背地として低位泥炭や高位泥炭が広く分布した泥炭原野であり、本格的な整備は、昭和30年に世界銀行の融資等を受けて開始された篠

津地域泥炭地開発事業により進められた。この中で、旧頭首工や篠津運河、揚排水機場、用排水路等の農業水利施設の整備が行われた。地域の農業用水の取水施設である旧頭首工は、昭和33年度より建設が開始され、昭和38年度に竣工した。旧頭首工は、固定堰（堰長155m、高さ2.37m）と排砂門（土砂吐）2径間で構成され、石狩川河口から55km上流に位置していた（写真-1）。



写真-1 旧頭首工（平成25年10月撮影）

その後、冷害防止のための深水かんがいや代かき期間の短縮など営農の近代化に対応した農業用水の確保が求められるようになった。また、旧頭首工は、排砂門下流側の河床洗掘や固定堰コンクリートの劣化の進行など老朽化が著しいことから、平成7年度より篠津中央二期地区において全面改修を行うこととなった。

石狩川頭首工の位置する石狩川は、流域面積14,330km²（全国2位）、流路延長268km（全国第3位）と国内有数の一級河川である。新頭首工は、旧頭首工の275m下流に位置する全可動堰であり、洪水吐5径間、土砂吐1径間、堰長257.0m、計画最大取水量37.49m³/sの国内有数の規模の頭首工に改築された（写真-2）。新頭首工の左右両岸には魚道が設置され、魚類の生息環境に配慮

した整備がなされている。また、新頭首工の管理橋は、道営広域営農団地農道整備事業との共同事業により、石狩川兩岸の月形町と岩見沢市を結ぶ農道として整備され、一般車両の通行が可能となっている。



写真-2 新頭首工（平成29年7月撮影）

また、新頭首工及び取水した河川水を導水する篠津運河（L=23.1km）は、旧頭首工時から継続して国営造成施設管理事業「篠津地区」により北海道開発局が直轄管理を行っており、洪水時の安全管理を万全にしながら、農地7,460haへの農業用水の安定供給を行っている。

3. 計画・設計の概要

旧頭首工は、長年の流水の影響や過酷な気象条件による凍結融解等の影響を強く受け、固定堰コンクリートの劣化・摩耗による亀裂の発生や排砂門下流河床が大きく洗掘されるなど、老朽化が著しく進行しており、取水施設としての機能低下はもとより、排砂門の倒壊等も懸念されていた（写真-3）。また、旧頭首工の構造は現在の河川管理施設等構造令に適合した構造になっておらず、石狩川の計画高水流量等の河川諸元も旧頭首工建設時から変更されており、治水上の安全性確保の観点からも対応の必要性が高まってきた。



写真-3 老朽化した旧頭首工（平成8年撮影）

旧頭首工の基本的な構造を改変せず、老朽化した箇所の機能回復のための部分改修を行ったとしても、仮締切工等に要する工事費は小さくなく、供用期間の長期延伸を期待することも困難であった。このため、旧頭首工に代えて現在の河川管理施設等構造令に適合した新頭首工を建設することとした。

新頭首工の建設位置は、篠津運河への取付を考慮すると、旧頭首工に近いことが望ましいが、新頭首工地点が旧頭首工の洗掘の影響を受けていないこと、新頭首工建設時や旧頭首工撤去時にそれぞれの施設への影響を与えないこと等より、旧頭首工下流275m地点を選定した。

新頭首工は、河川管理施設等構造令や魚類の生息環境への配慮等により魚道を有する全可動堰とし、河床が砂礫層であることからフローティングタイプとした。また、計画高水流量 12,500m³/s、計画高水位 HWL=15.40m、計画横断面の低水路幅 250.6m 等の河川諸元に基づき、可動堰のスパン割を洪水吐5径間（純径間各 42.00m）、土砂吐1径間（純径間 20.00m）とした。ゲート形式は、ゲート規模より、洪水吐ゲートにはシェル型ローラーゲート、土砂吐ゲートには多段式ローラーゲートを採用し、洪水吐ゲート5門のうち1門には、河川流量の変動に対応して水位維持や流量調整等を行うため、ゲート上段に起伏ゲート（フラップ）を設置することとした。

4. 魚道工の概要

(1) 魚道工設計の経緯

石狩川は、サケ・マスの遡上に代表される北海道特有の魚類相を有し、平成6年度に旧建設省の「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル河川」に指定され、魚道の整備・改良が順次進められている。新頭首工の魚道については、平成7年度より学識経験者を交えた「石狩川頭首工魚道検討委員会」を組織し、水理模型実験による検証等を踏まえ、具体的な検討を進めてきた。これらの検討の中で、新頭首工の左右岸に三連式魚道を設けるとともに、ゲート直下に迷入する魚類対策として、土砂吐ゲートと兼用する閘門式魚道を設置することとした。

(2) 三連式魚道

新頭首工建設箇所は低水路幅が約 250m と大きいことから、河川管理施設等構造令や魚介類の遡上習性、河床の状況や安定性等を考慮し、魚道を頭首工の左右両岸に配置した。魚道型式は対象魚種の多様な遊泳力に対応するよう、高流速型（バーチカルスロット式）、中流速型（アイスハーバー式）、低流速型（バーチカルスロット式）の3タイプのプール式魚道を組み合わせた（図-2）。また、3タイプの魚道の水面勾配を一致（I=1/34：低流速魚道の必要勾配）させることで、自然河川を模して魚

道水流の一体化を図り、さらに魚道間に切欠を設けて各タイプ魚道間を行き来できるようにし、遡上経路の選択性を高める工夫を採用した。

また、遡上魚類に魚道の入口を見つけやすくするため、呼び水水路を設置した。呼び水水路は魚道より河川側に併設し、吐口付近には遡上魚が迷入しないように急傾斜をつけた。呼び水流量は、海外の知見を踏まえて河川流量の3~5%程度を目安とした。

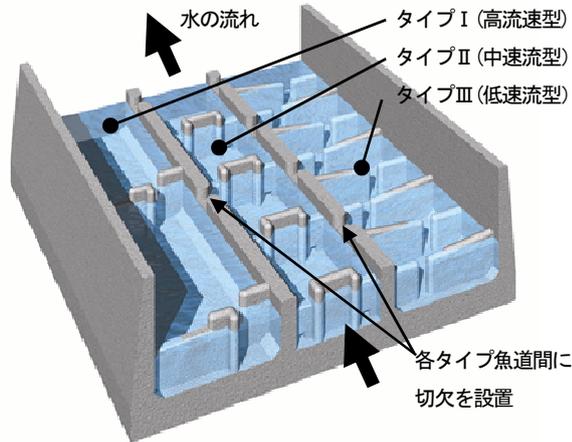


図-2 三連式魚道概要図

(3) モニタリング状況

新頭首工からの取水開始後の平成26年度より、魚道のモニタリング調査を継続して実施している。三連式魚道ではトラップ調査の結果、設計対象魚種7科12種のうち6科10種の遡上が確認され、閘門式魚道ではビデオカメラ調査の結果、サケやサクラマスなどの遡上が確認されている。これらより、魚道の設計対象魚種が頭首工地点を通過することが可能な施設となっていることが確認されている(写真-4)。



写真-4 三連式魚道におけるトラップ調査状況
(左:カワヤツメ、右:サケ)

5. 新頭首工建設工事の概要

(1) 新頭首工建設工事の全体工程

本工事は、平成10年度に着手し、はじめに工事用道路の造成を行うとともに、流下断面を確保するため、左岸側拡幅工事を実施した。平成15年度より頭首工本体工の整備に着手し、中央部・右岸部・左岸部の順に三期に分

けて工事を実施した。その後、導水路、管理設備等の施工を進め、平成25年11月より新頭首工が供用され取水を開始した。また、本体工の施工と並行して管理橋の施工を進め、平成29年4月より管理橋の一般車両の供用を開始した。

新頭首工の供用開始後の平成26年度からは、旧頭首工の撤去工事を開始し、平成29年度に完了した(表-1)。

表-1 工事工程表

施工箇所	施工年度(平成)																			
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
新頭首工建設工事																				
工事用道路	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
左岸拡幅工	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
本体工中央部(一期)							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
本体工右岸部(二期)											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
本体工左岸部(三期)																				■
導水路																				■
管理設備																				■
管理橋																				■
旧頭首工撤去工事																				■
新頭首工 取水開始																				■
新頭首工 管理橋供用開始																				■

(2) 仮締切工の概要

新頭首工は大規模な河川横断構造物であり、本工事は渇水期以外にもまたがる複数年度での施工が必要となった。一方で、通年施工とした場合、仮締切高が大規模化し、締切回数も4回と多くなることが判明した。このため、本工事では、仮締切規模・期間・回数の検討とともに、仮締切工法の検討を併せて行い、工期短縮及びコスト削減の観点から最適となるよう、仮締切計画の検討を実施した。

検討の結果、仮締切工の構造は鋼矢板二重仮締切とし、工事休止期間(8月~9月)を設定して仮締切高を低くするとともに仮締切回数を3回とする計画とした。また、仮締切高9m、仮締切延長2,400mもの膨大な施工量が必要となるとともに、長期間供用する仮締切内での安全な施工環境の確保が必要となることから、以下の工法等を採用し、工期短縮、コスト削減及び安全性の向上を図った。

(3) 作業構台工法の採用

二重仮締切に使用する鋼矢板の打込・引抜時には作業足場が必要となるが、施工性向上を図るため、作業構台工法(写真-5)を採用することとした。従来の作業構台工法では、膨大な量の鋼材の組立を伴うため河道内作業量が多くなり、工期及びコストが嵩むことが課題となる。このため、本工事では作業構台のほとんどを工場製作で行うジャケット工法を採用し、工場製作によるピッチ長12mの手延べ桁工法を併用することにより、工期短縮を図った。また、本体工一期工事で使用した作業構台及び鋼矢板等は、その一部を本体工二期及び三期工事に転用

することにより、コスト削減を図った。

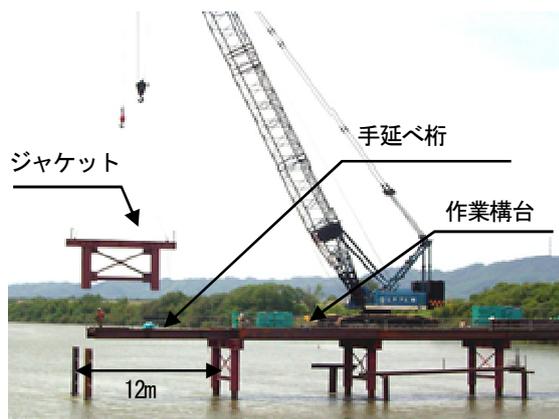


写真-5 作業構台施工状況

(4) 仮栈橋ジャッキアップ工法の採用

本工事では、本体工中央部・右岸部・左岸部の施工に際して、周辺構造物に関係なく河岸から最短距離で仮栈橋を設置することができ、経済性で有利になることから、中央部を先行して施工することとした。この際、従来工法では、流下断面を確保するため、仮栈橋を洪水期に撤去し、再度設置する必要があり、撤去・設置には約 2.5 ヶ月を要すると想定され、洪水期到来の度に撤去・設置を繰り返すことは、工期に多大な影響を及ぼすことが懸念された。

このため、大規模な建築物の屋根を上げて建設するために開発されたリフティング工法用の油圧ジャッキによって仮栈橋上部工を上下するジャッキアップ工法(写真-6)を採用した。これにより、洪水時に河積阻害となる仮栈橋上部工を約 10 時間で撤去・設置することが可能となり、従来工法と比較して約 5 ヶ月の工期短縮となるとともに、異常出水時にも即時に対応することが可能となった。なお、ジャッキアップ装置はドーム建築などで施工実績は多数あるものの、国内の河川工事では初の試みである。



写真-6 仮栈橋ジャッキアップ作業状況

(5) 洗掘防止対策工の実施

仮締切工では、構造物上流に発生する鉛直流等の影響

により、洗掘が生じる危険がある。このため、洗掘防止対策を検証する必要があるが、流れの境界状況や河床材料によって洗掘形状や洗掘深が異なるため、対策工の規模や効果を細部にわたって数値解析することが困難である。このため、解析に加えて水理模型実験を行い、解析モデルの再現性の確認を行うとともに、実験結果を踏まえて解析内容の補正を行った。

実験結果では、主に仮締切工隅角部において最大約 10m 前後の洗掘が生じたが、袋詰根固材(ナイロン繊維使用のラッセル網で製作した袋に、玉石等の中詰め材を袋詰めしたもの)による洗掘防止工の設置(写真-7)により、仮締切工の安定性を損なう洗掘を防止できることが確認された。また、施工時には、定期的に袋詰根固工の高さを確認し、低下が見られた場合には補充して管理を行い、洗掘防止対策を図った。



写真-7 洗掘防止工施工状況

(6) 洪水予測システムの活用

本工事は、低水路部での作業が主体となるため、増水時における被害防止のため、工事関係者や工事資機材等の迅速かつ安全な待避が極めて重要である。人員や工事資機材の待避等には約 20 時間を要するため、工事の安全性を確保する上で、最低 21 時間前に出水を予測する必要があった。

このため、本体工三期工事では、施工業者からの提案により、本体工一期及び二期工事のデータを踏まえ、上流水位観測所から工事地点までの洪水到達時間・水位相関式及び 48 時間平均累積雨量に、レーダー雨量予報値や分布型流出解析を組み合わせた「出水予測システム」が開発され、活用された。当該システムにより、工事地点における危険水位到達を、21 時間前の 0 次警報から 3 時間前の 6 次警報まで段階的に予測し、警報メールを発信することで確実な待避体制が確立された。

平成 23 年 7 月 15 日には仮締切高を超える増水が発生したが、本システムを活用して計画的な待避活動を実施

し、安全な待避が図られた。

6. 頭首工管理の概要

新頭首工地点は、計画高水流量が 12,500m³/s と大きく、また、下流には札幌市など約 200 万人もの人口が集中しており、治水上の要所である。利水面では、かんがい期のみならず、篠津運河の泥炭法面の崩落を防ぐため通年取水を行っている。新頭首工は施設規模が大きいことにより、治水・利水の両面から高度な操作が必要であり、国営造成施設管理事業により、北海道開発局が直轄管理を行っている。

(1) 流量変動の予測

新頭首工からの取水に際しては、新頭首工地点の水位を計画取水位 WL=4.97m から最大堰上げ水位 WL=5.37m の範囲内に保つこと、ゲート放流量が放流限度量（ゲート操作により放流を行う際、下流水位を 10 分間に 10cm 以上上昇させない放流の限度量）を超えないようにすること等が必要である。また、新頭首工のゲート操作に際しては、ゲート開閉速度を 1 分間に 30cm までとすること、同時に複数のゲートを動かさないこと等が規定されている。このため、ゲートで堰上げた状態から、河川流量の増加に伴いゲート全開に移行するには長時間を要することから、新頭首工地点の流量を予測し、十分な時間的余裕を持ってゲート操作を行う必要がある。

過年度の流況検証の結果、新頭首工では、流量増加が最も大きい場合においても 3 時間でゲートを全開とすることが可能であるため、新頭首工から上流 22km に位置し、新頭首工までの平均流達時間が約 3 時間である奈井江大橋地点の流況を入手し、新頭首工地点の流量を予測し、新頭首工のゲート操作を実施している。

(2) ゲート操作方法

各堰柱上部にあるゲート操作室の機側操作盤には機側伝送装置盤が設置され、管理棟内のコンピュータ端末と接続されており、機側操作とともに管理棟から遠隔監視・運転が可能となっている。したがって、通常時には、管理棟内のコンピュータ端末で、河川水位・流量や取水流量などの各種情報や頭首工各所に設置されたカメラからのモニター映像などを確認しつつゲート操作を行っている（写真-8）。



写真-8 管理棟操作室

河川流量増加時の具体的なゲート操作は、洪水吐 5 号ゲート上段のフラップ（図-3）を初期段階における放流として運用する。次に流量増加に伴い、フラップの起立後、下流に対する安全性の観点から、ゲート 1 回の最大開閉量を 62cm とし洪水吐 3 号ゲートから順に開けていき、以後この操作順序で開操作を繰り返す。

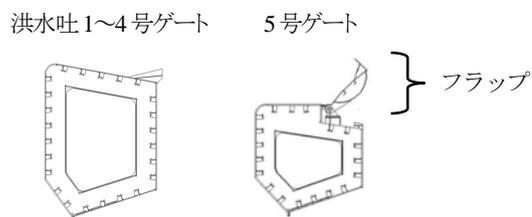


図-3 洪水吐ゲート構造図

用水の取水管理時には、まず、篠津中央土地改良区が管理する集中管理センターから取水量の要請を受ける。次に、河川水位が計画取水位に保たれているかを確認し、必要に応じて洪水吐操作を行う。最後に取水ゲートを操作して必要水量を取水する。

7. おわりに

本報文では、約 20 年の歳月を要して建設された新頭首工の設計・施工・管理の概要について報告した。新頭首工はすでに供用が開始され、7,460ha の農地への農業用水の安定供給を担っているが、地域の農業生産を支える基幹施設として、引き続き末永く活用されることを願ってやまない。

最後に、本報告の執筆に当たり多大なご指導・ご助言を頂いた関係者の皆様にこの場を借りて深く謝意を申し上げます。