

利根川河口堰下流部の河床洗掘への 対応状況について

那須川 佳祐¹・青木 成幸

¹独立行政法人水資源機構 利根川下流総合管理所 利根川河口堰大規模地震対策事業推進室 設計工務課
(〒289-0611 千葉県香取郡東庄町新宿2276)

利根川河口堰下流部の護床工は、コンクリートブロックとその下流の粗朶沈床で構成されている。令和元年台風19号による大規模出水の後に測量を行った結果、それまでは粗朶沈床付近から下流にかけて確認されていた河床洗掘が、コンクリートブロック下流端部まで拡大している状況が確認されたことから、令和2～3年度に袋詰玉石工による緊急応急対策工事を実施し、令和6～7年度には河床洗掘の拡大防止を目的として同様の応急対策を実施する。また、令和6年度は河床洗掘の恒久的対策に資するため、ドローンを用いた流況観測および流況解析を行った。本稿では、利根川河口堰下流部の河床洗掘に対するこれまでの対応状況について報告する。

キーワード 河床洗掘, モニタリング, 大規模地震対策事業, ドローン

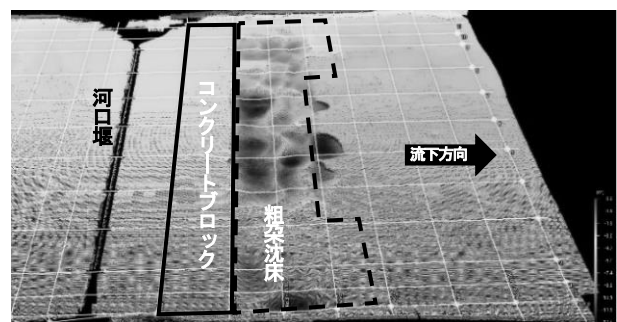
1. はじめに

利根川河口堰（以下、「河口堰」）の下流部の護床工は、堰本体及びコンクリート床版に連なるコンクリートブロックとその下流の粗朶沈床で構成されている。令和元年 11 月に実施した 3 次元測量機器による測量（以下、「3 次元測量」）の結果、河口堰下流のコンクリートブロック下流端部まで河床洗掘が拡大し、コンクリートブロックの一部損傷が確認された（図-1）。堰本体及びコンクリート床版まで河床洗掘が進行すると、床版の傾斜に伴い、ゲートの開閉機能の喪失が懸念されることから、河床洗掘のさらなる拡大を防ぐ必要がある。

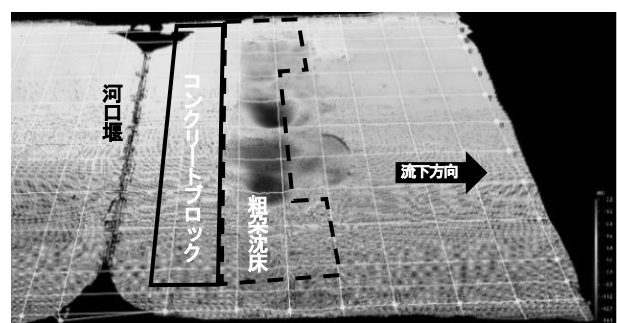
緊急応急対策として、令和 2～3 年度に 4 t 型袋詰玉石工による損傷部の被覆を実施した。対策以降、簡易的な音響測探機（魚探）を用いた毎月の直営概査と、測量業者による年 2 回の詳細な河床測量にて経過観察を実施し、現在のところ河床洗掘の拡大は見られていない。

令和 6～7 年度は、応急対策の一環として、10 m 以上洗掘された流心部の深掘れ箇所を袋詰玉石工により被覆し、深掘れをこれ以上進行させないための対策を実施する。並行して、河床洗掘を防止し河床の安定化を図るための護床工について、恒久対策の検討を進める。

本報では、利根川下流部の河床洗掘のモニタリング状況および令和6年から実施の応急対策の詳細を記す。さらに、洗掘要因の分析を目的として実施中のUAV（ドローン）を用いた流況観測及び流況解析について報告する。



(a) 平成 30 年 12 月



(b) 令和元年 11 月

図-1 河口堰下流部の 3 次元測量結果

2. 現在までの河床洗掘調査

河口堰下流部の護床工は、コンクリートブロックとその下流の粗朶沈床から構成されている（図-2）。令和元年 10 月の台風 19 号により発生した大規模出水（最大流

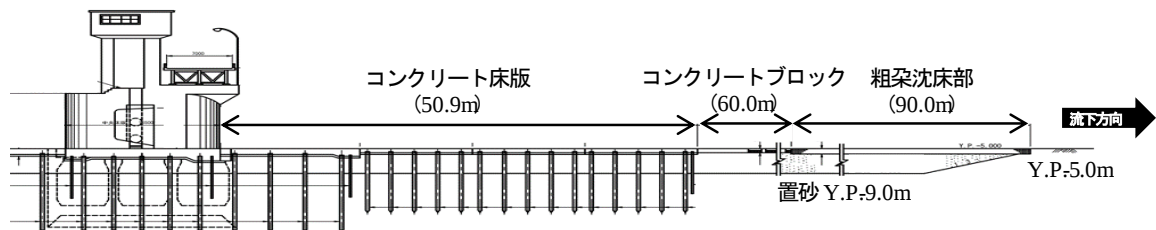


図-2 河口堰縦断方向の標準断面図

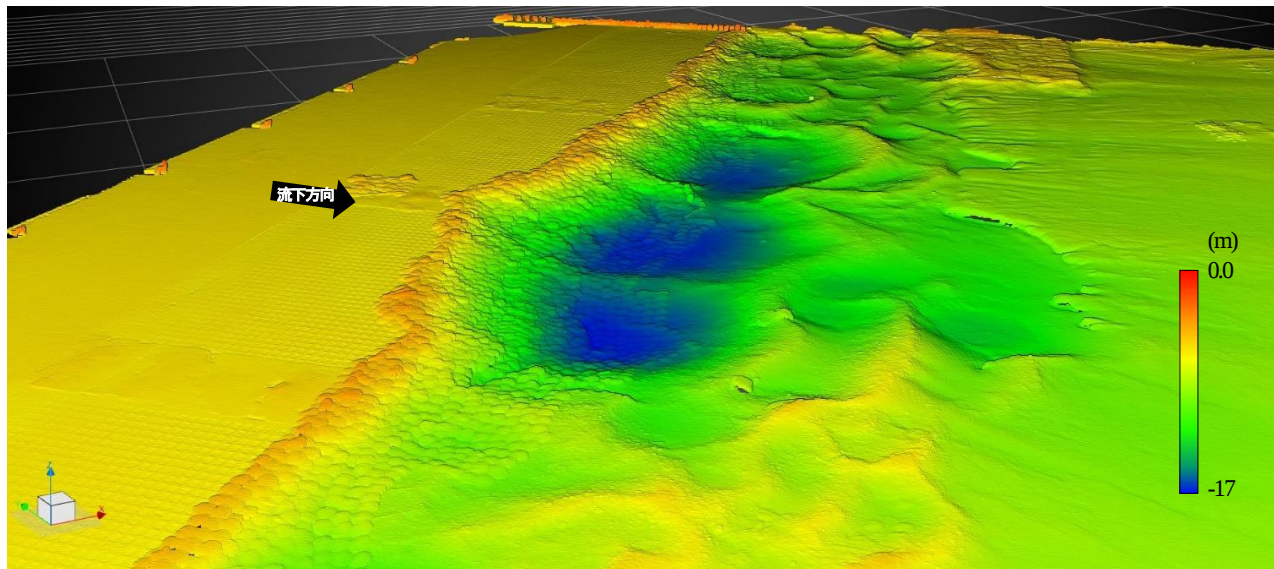


図-3 緊急応急対策後の3次元測量結果（令和6年6月）

量：約 8,000m³/s) 後の令和元年 11 月の 3 次元測量において、コンクリートブロック下流端部の一部損傷が確認された。河口堰の安全性・機能に影響する可能性を軽視できなくなったことから、令和 2～3 年度に緊急応急対策として損傷部の 4 t 型袋詰玉石工による被覆を実施した。図-3 は、緊急応急対策後の 3 次元測量結果を可視化したもので、小さな丸群が袋詰玉石である。

堰下流では、局所的に大きな流速が生じている可能性があるため、恒久対策完了まで洗掘抑制効果や状況を監視し、河床洗掘の拡大に迅速に対応できるように高い頻度でモニタリングする必要がある。過去の報告¹⁾のとおり、経済的及び効果的な河床洗掘状況のモニタリングのため、3次元測量を出水期前後の年2回、水中ソナー測量を月1回の頻度でそれぞれ実施してきている。

3次元測量は、船舶に3次元測量機器一式を取り付け、詳細な測量を行うものである。対して、水中ソナー測量は、補正等の作業が不要な測量機器を機構所有の船舶に取り付け、職員のみで簡易な測量を行うものである。測量後は、使用した測量機器のメーカーが提供している WEB サーバにデータをアップロードすることで、等深線図を作成・更新することができる。

表-1 令和4年以降各年の最大堰流入量

発生年月日	堰流入量 (m ³ /s)	備考
令和4年9月25日	2,547	台風14号
令和5年6月3日	2,458	台風2号
(参考)令和元年10月13日	8,025	台風19号

河床洗掘が進行する要因としては、大規模な出水の影響が大きいと考えられる。緊急応急対策から現在までに発生した代表的な出水を表-1に示し、緊急応急対策完了後の令和3年10月と直近の令和6年4月の水中ソナー測量の結果を比較する。図-4のとおり、目立った河床洗掘の変化は認められない。また、3次元測量においても目立った変化は認められない。緊急応急対策により十分に河床洗掘を抑制できていることがわかる。

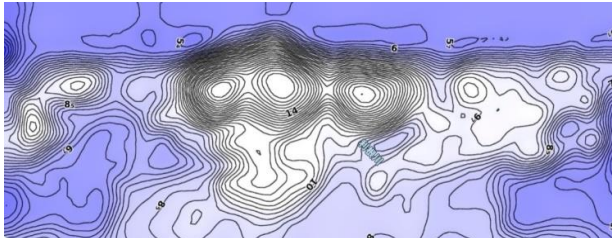
3. 応急対策工事

(1) 工事概要

河口堰下流部では、場所によって10 m以上の河床洗掘が生じている。この箇所での深掘れが進行した場合、堰の床版ひいては堰本体の構造安定性にも影響を与える可



(a) 令和3年10月



(b) 令和6年4月

図4 河口堰下流部の水中ソナー測量結果

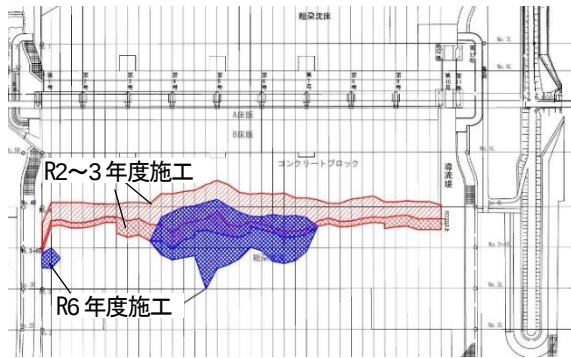


図5 令和6年度応急対策工事 施工範囲

能性があることから、令和6～7年度にかけて、応急対策の一環として深掘れ箇所を袋詰玉石工により被覆する。令和6年度の施工範囲は図-5の網掛けで示した10 m以上洗掘された箇所とし、4型袋詰玉石4,200袋の据付を行う予定である。

(2) 施工方法

水上に回航したクレーン付台船により、袋詰玉石を投入後、潜水士が所定の位置まで誘導し設置する（図-6）。施工箇所は水中の濁度が高く、十分な目視確認が難しいため、船とクレーンブームの先端に取り付けたGNSSアンテナを利用した誘導も併用する。ICT施工の導入により、計画した位置への正確な据付を効率的に実施する。

4. 流況観測および流況解析

(1) 恒久対策検討の概要

河床洗掘対策にかかる検討の流れを図-7に示す。河



図6 水上における袋詰玉石据付の施工状況

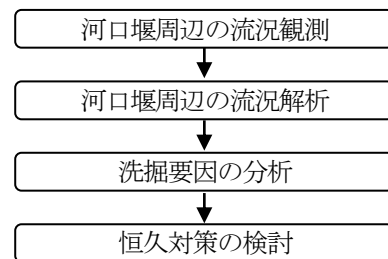


図7 河床洗掘対策にかかる検討の流れ

口堰の施設機能を将来にわたって維持していくためには、下流の粗粒沈床の範囲における大規模洗掘箇所の対策を行う必要がある。恒久的な洗掘対策の検討を行うためには、外力条件の設定が必要であるが、洪水中にどのような外力が作用して洗掘が生じたのか明確でない。そこで、護床工が流出する流速等、洗掘を引き起こす条件を定量的に把握することを目的として、河口堰周辺の流況を観測・解析する。

(2) ドローンを用いた流況観測

出水時に河口堰直下流でどのような流れが生じているのか実態を把握することを目的に、ドローンを用いた平面流況観測を試みる。

本手法は、洪水時にドローンを飛行させ、高度 100 m 程度上空から撮影した水面の動画を、PIV 動画解析手法により解析することで流速・流向を観測するものである。堰流入量 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水時を想定し、出水期に複数回観測することを計画している。荒天時や夜間の飛行観測は困難なため、天候回復後、風速 5 m/s 以下となった際に撮影を実施する。ただし、気象状況によってはドローンの飛行が困難な可能性もあることから、堰柱に設置した固定カメラによる流況観測も実施する。

ドローンを用いた流況観測の一例として、令和 6 年 8 月 18 日に実施した、台風 7 号の接近に伴う出水時の観測結果を図-8に示す。観測時は堰流入量が約 $300\text{ m}^3/\text{s}$ であり、2号・8号制水ゲートが全開であった。全開したゲートの背後では、やや高速な流れが、それぞれ岸側に

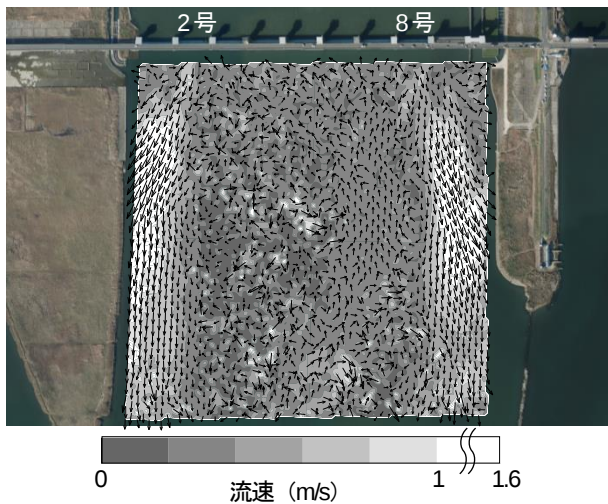


図-8 ドローンによる流況観測の流速分布の一例
(令和6年8月18日実施)

寄って流下していることが確認できる。また、下流から上流へ循環流（図中左下から右上への流れ）が生じていることも確認できる。

今後、比較的大きい流量規模での流況観測から流向・流速等を把握する予定である。

(3) 流況解析

前節で説明した流況観測は、河川の水面における流速・流向を観測するものであるが、洗掘要因を突き止めるためには、水中の流況を把握する必要がある。コンクリートブロックや河床に作用する外力を求めることを目的として、底面付近での流向・流速が評価可能な準三次元数値解析を行う。

一例として、単純な条件で流況の傾向を把握するため、堰柱等による障害を考慮せず、堰流入量が $400 \text{ m}^3/\text{s}$ で定常の場合の解析結果を図-9 に示す。(a)は表面流速分布、(b)は最も深く洗掘されている横断面（A-A'）での流速分布である。深掘れ箇所では、周辺と比較して表面流速の低下がみられる。また、水中では右岸側への流れが生じていることがわかる。

今後は、複数の流量規模を対象とした流況解析を行い、流量規模による洗掘箇所周辺の3次元的な流況の違いを把握する。また、令和元年洪水でのコンクリートブロックが流出したときの流向・流速を解析し把握する。これらから、洗掘箇所に流れが集中する流量規模とそのときの流向・流速を把握し、洗掘を引き起こす外力を定量的に把握する。

5. まとめ

令和2～3年度の緊急応急対策により、堰の運用に支障

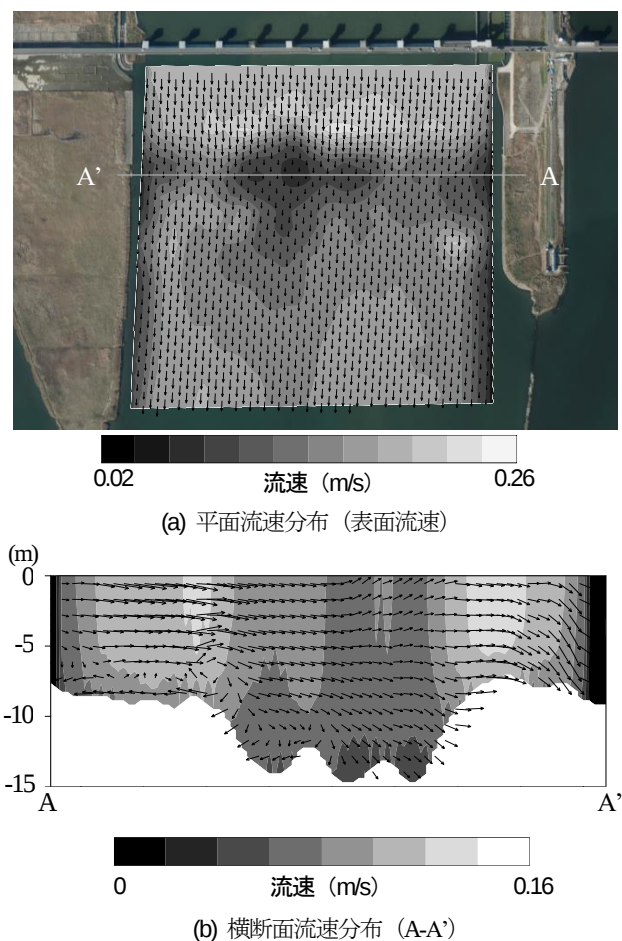


図-9 準三次元数値解析結果の一例

を及ぼすような河床洗掘の懸念は薄れたと考えているが、令和元年台風19号（東日本台風）クラスの出水が発生すると河床洗掘が再度進行する可能性は否定できない。したがって、引き続き河床洗掘をモニタリングするとともに、流心部での深掘れを現状から進行させないために、深掘れ箇所の袋詰玉石工による河床の被覆を実施していく。

今後、どのような条件下で洗掘が拡大したのか、過去の洪水観測や河床地形測量等の実測データおよび構築した流況解析モデルを用いて洗掘要因を分析し、護床工が流出する流速等、洗掘を引き起こす外力条件を定量的に把握する。分析結果を踏まえ、将来的に河口堰下流の河床に作用する外力条件（設計外力）を設定したうえで、恒久的な洗掘対策の検討を行い、対策工法をとりまとめていく。

参考文献

- 1) 久家ら、利根川河口堰下流部の河床洗掘に対する応急対策とモニタリング状況について、2023、令和5年度関東ブロック技術研究発表会