

DX活用による水中可視化事例の紹介 (大河津分水路新第二床固改築工事)

難波 佑弥¹・酒向 秀典²

¹信濃川河川事務所 工務課 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1丁目5番30号)

²信濃川河川事務所 (〒940-0098 新潟県長岡市信濃1丁目5番30号)

河川工事における水中施工は、安全や品質の確保にあたり、流れや視界、水温など配慮すべき条件が多い。中でも水中の視認性は、作業を円滑に行う上で重大な要因であるが、河川内は浮泥等の濁りが多く、視界不良な状況下での施工は作業員の負担となっている。

大河津分水路において現在施工中である新第二床固改築工事は、水中施工を主とする工事であるが、デジタル技術の取り入れにより水中を可視化し、関係者に対し円滑な情報共有と現地状況の事前確認による安全管理を実現したことから、本稿にて紹介する。

キーワード 大河津分水路改修, DX, 潜水作業, 水中掘削

1. はじめに

大河津分水路は新潟県燕市において信濃川から分岐し日本海へ注ぐ人工河川である。1922年の通水から100年を経過しているところであるが、その形状は河口へ向かうにつれて川幅が偏狭になっており、洪水処理能力の不足等の課題を抱えている。信濃川河川事務所では、2015年より「令和の大改修」と称し、大河津分水路左岸側山地部掘削及び低水路掘削による水路の拡幅と、それに伴う施設の改築等の事業を実施している(図-1)。

河口部より約730m上流に位置する第二床固は大河津分水路の河床低下を抑制する要の施設であるが、本施設においても1931年の完成から90年を経過しており、老朽化が進行している。このため、新たな川幅に併せた新第

二床固の新設を目的とし、既設の施設より約200m下流地点において、大河津分水路新第二床固I期工事及び大河津分水路新第二床固I期その2工事(以降、新第二床固改築工事)が現在稼働中である。

また、信濃川河川事務所は2019年度より、国土交通省の「i-Constructionモデル事務所」に指定され、調査・設計段階から継続的に3次元データを活用することで、建設生産・管理システム全体の効率化に向けた改善に努めている。特に、大河津分水路改修事業は「3次元情報活用モデル事業」(施工段階)として位置づけられていることから、大規模な河道掘削や構造物の改築を伴う本事業において、生産性向上や確実な安全管理、品質確保を図るべく、現場作業のDX化を積極的に推進しているところである。

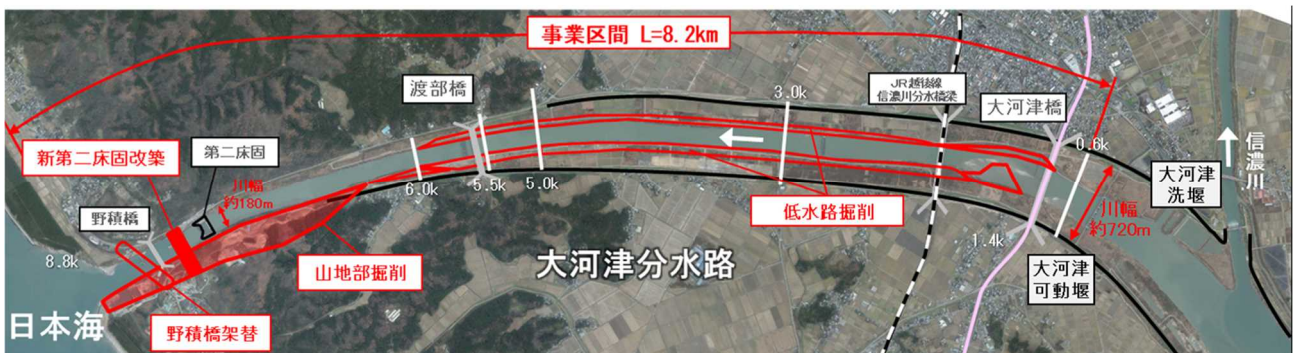


図-1 「令和の大改修」概要図

2. 新第二床固改築工事とDX

(1) 工事概要

大河津分水路は信濃川の洪水から越後平野を守る機能を果たしており、工事施工中も洪水に備え常に流下能力の維持が必要なことから、河川内に仮締切を設けたドライ施工を採用することができない。このため、新第二床固改築工事における本体工は、工場で作成した鋼殻ケーソンを1函ずつ順次曳航し、水中にて沈設する設置ケーソン工法を採用している。また、本体工の下流部では減勢工（バップルピア）の設置及び護床工のコンクリート打設を水中で施工する（図-2）。

施工箇所は洗掘による河床低下傾向であることから、複雑な河床形状を有している他、信濃川本川より分岐した河川流水に加え、海側からの波浪の影響を受ける厳しい環境でありながらも、潜水作業や水中土工が工事の主体となっている。

水中作業は、作業員同士の情報共有や連携が難しく、出来形管理や安全性の確認に時間を要するケースが多い。しかし、本工事においては施工に用いられる大型船舶等の使用期限や、季節的な出水や冬期風浪が予測されることにより、生産性向上と工期短縮が常に求められている。

(2) 水中作業における作業員の負担

本工事で行われている潜水作業は、現況調査や作業位置の目印設置に始まり、構造物設置時の基面整正や岩盤清掃、水中コンクリート打設などと多岐に渡ることから、常に潜水士の人員を確保しながら工事を行っている。しかし、現場独自の作業基準として、河川の流速や、水中の濁り、冬期間中の波浪や水温等の特殊な条件に配慮が必要であり、安定した作業時間を確保することが困難となっている。

また、出水が発生した場合、浮泥により視認性の確保が出来ないことから濁りが改善するまでの間は作業が行えない他、土砂堆積や河床洗掘による現地状況の



図-2 新第二床固改築工事概要図

変動が発生し、その形状は気中から不可視となる。このとき、いづれの作業においても再開には改めて潜水による現地調査や目印の設置が必要となるが、不明瞭な視界且つ地形状態の確認が取れていない水中での作業は重大なリスクを伴う。また、潜水士と連絡員の情報共有方法は、潜水士による撮影画像を他の作業員がモニターで確認を取り、口頭伝達によって作業を指示を行うものである（図-3）。しかし、水中カメラやモニター上だけでは現地状況が伝わりづらく、円滑な連携がとれないことから作業員にとってストレスが多くなっている。

水中掘削においても潜水作業と同様の条件下での施工となるが、その作業はオペレーターの技能や経験によるところが多い。さらに、作業後は潜水士の現地確認による追加作業や仕上げ段階での手戻りが度重なり、負担の多い作業となっていた。

(3) 水中作業におけるデジタル技術の採用

本現場ではこれらの課題を解決すべく、「水中可視化」をテーマとし、積極的にデジタル技術の採用を行っている。

今回採用した水中ソナーによる河床の点群データ取得技術は、水中の可視化を実現し、水中作業における視認性の負担を解消した。

また、情報伝達面においては、多人数同時参加型VRソフト「リコーバーチャルワークプレイス（以降、RVP）」を採用している。これにより、VR空間や360度カメラのライブ映像空間における情報共有技術により、立ち入りが困難な箇所の臨場体験や、合意形成を可能とした。

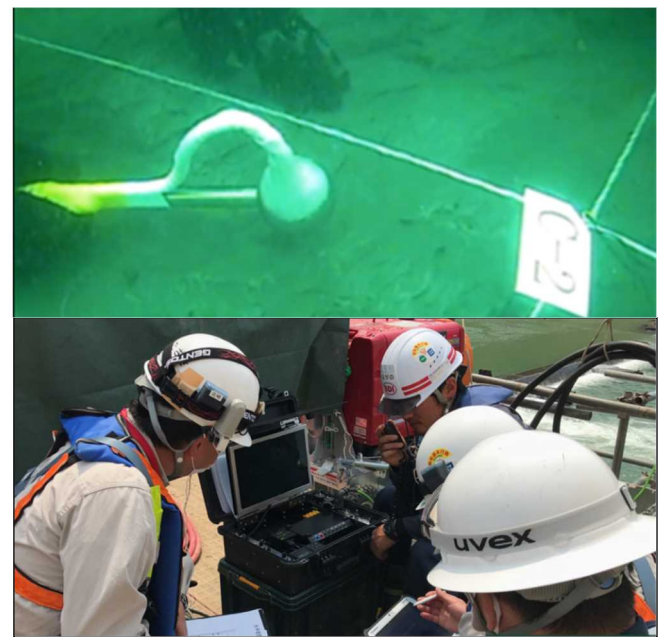


図-3 潜水作業（上）と気中での作業伝達状況（下）

3. 水中ソナーとRVPIによる潜水作業の安全確保

本現場では作業船の航路浚渫や鋼殻ケーソンの設置時において、河床形状を把握するため、台船に設置された水中ソナーで河床の点群データを取得している。これを3次元モデルへと変換することで、そのデータをRVP上にてVRとして表示が可能となる。

RVPでは参加者が共通のモデルを同時に閲覧出来る他、仮想のモデルに対し、指をさしたり印をつける機能、延長や距離を測定する機能を有している。これにより複数の作業員が同時にRVP上でモデルを確認することで、事前の河床形状のイメージを共有することが可能となる。作業員の新規入場時や出水等による河床が変動発生した際などの水中の状況が把握出来ない場合において、施工計画の検討が容易となった(図-4)。

また、この技術は水中作業の安全確保においても活用されている。

2021年8月の前線豪雨に伴う出水により、撤去準備中であつた鋼殻ケーソンの止水壁が倒壊した(図-5)。本来であれば倒壊した止水壁に玉掛けし、分割揚重により撤去する手順であつたが、止水壁は水中で不規則に折り重なつた状態での倒壊が予測されていたが、気中ではその全景を確認することが出来なかつた。潜水士による撤去作業は非常に高い危険性が予測されたため、作業は計画段階から難航していた。

そこで、該当箇所において水中ソナーによる点群データの取得モデル化を行うことで、複雑に折り重なつた止水壁の全体形状を可視化することができた(図-6)。



図-4 VRによる河床の確認状況

このモデルをRVP上でVRとして確認することで、潜水士を含む作業員全員が水中の疑似体験をすることが可能となった。これにより、関係各者との施工計画の策定について円滑に合意形成を得ることで安全性を確保した撤去作業を完遂することが出来た。

4. リアルタイムでの河床形状の把握

河床掘削における従来のデジタル技術は、施工前に水中ソナーで取得した点群データをマシンガイダンスに取り込み、バックホウのバケットの軌跡を反映させることで水中での画像を更新していく。しかし、この技術はバケット通過後の掘削形状がそのまま維持されることが前提となっているが、実際は流況によるバケットからのこぼれや、背面からの土砂の回り込みが多く発生していることから、施工後に再度ソナーで確認した後、追加作業を行う必要があつた。

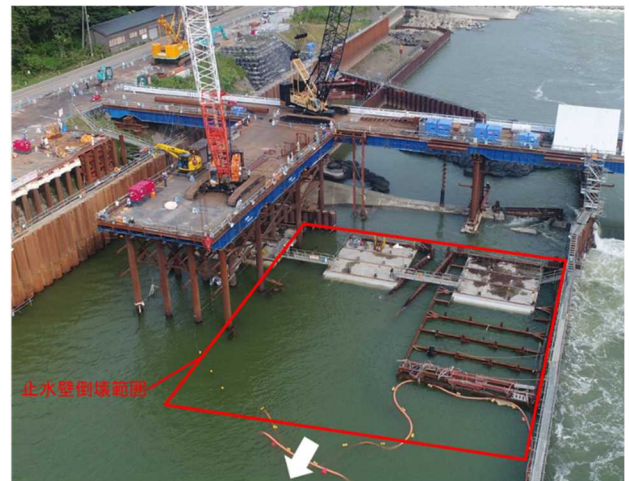


図-5 止水壁の倒壊状況

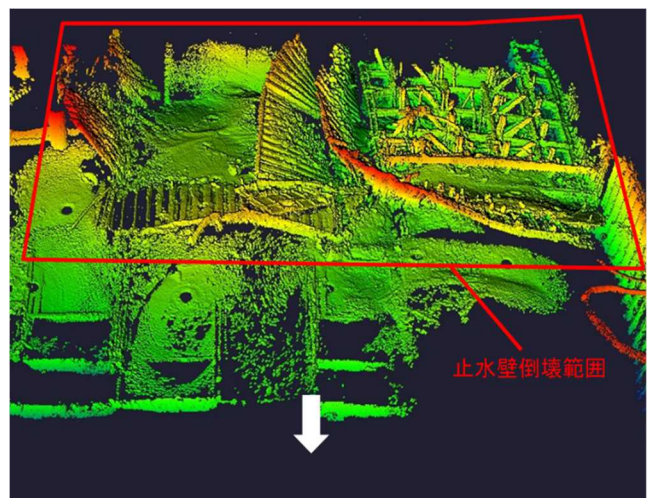


図-6 水中ソナーによりモデル可した止水壁の倒壊状況

この課題を解消するため、本現場ではバックホウ浚渫船に水中ソナーを装備し、水中掘削作業中に発生する河床変動の形状を点群データとして取得し、リアルタイムに可視化できるシステムを構築した(図-7)。

本システム構成はバックホウ本体のマシンガイダンスとバックホウ浚渫船の船首・船底側に取り付けられた水中ソナーの2つに大別される。マシンガイダンスによるバケット刃先位置情報と水中ソナーで取得した点群データを高性能PCによって統合し、運転席に設置したモニターに表示させる。また、水中ソナーによる測量結果は、クラウドアプリを経由して関係者へリアルタイムで情報共有される。これにより、掘削状況に応じた施工方法の検討や設計値に対する過不足の把握をオペレータと共に確認することが可能となる。

また、本システムで使用する水中ソナーは任意のタイミングでの測量が可能であり、その都度河床の形状が更新されリアルタイムで運転席のモニターに表示される(図-8)ため、精度の高い施工と作業の効率化を実現できた。

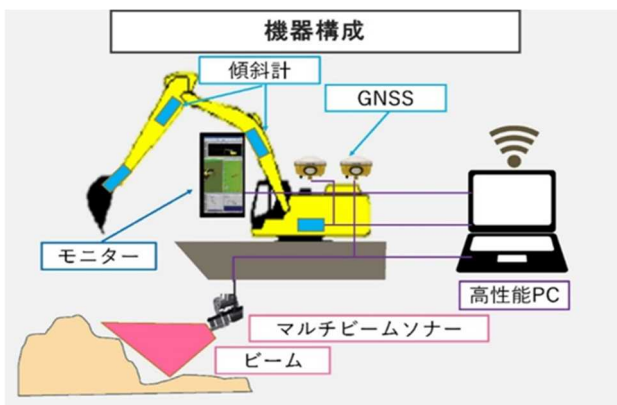


図-7 システム構成図

5. おわりに

本稿ではデジタル技術の取り入れにより水中の見える化を実現することで、水中施工における負担の軽減に成功した事例を紹介した。現場では本取り組みに留まらず、“ケーソン沈設時の動態観測の可視化”や“ドローンとAIを用いた現場資機材の管理”など、従来不可視であったり、確認に時間を要してきた事案に対し、積極的にデジタル技術を取り入れることで、生産性向上を図っている。

建設現場において、特殊な条件下での施工や非効率的な施工を強いられるケースは往々にして存在する。従来では“仕方ない”とされてきたそれらについて、改めて、デジタル技術の活用等による新たな改善の可能性を検討し、ニーズや実例を1つずつ増やしていくことが、建設業界全体の大きなイノベーションに繋がっていくと考える。

謝辞：日々工夫を重ねながら先進技術の活用に積極的に取り組んでいる受注者の皆様へ、感謝と尊敬の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 「大河津分水路新第二床固改築 I 期“OX (大構図 DX)”でこれからの100年を造る」(令和3年度土木学会「i-Constructionの推進に関するシンポジウム」講演論文 鹿島建設株式会社)

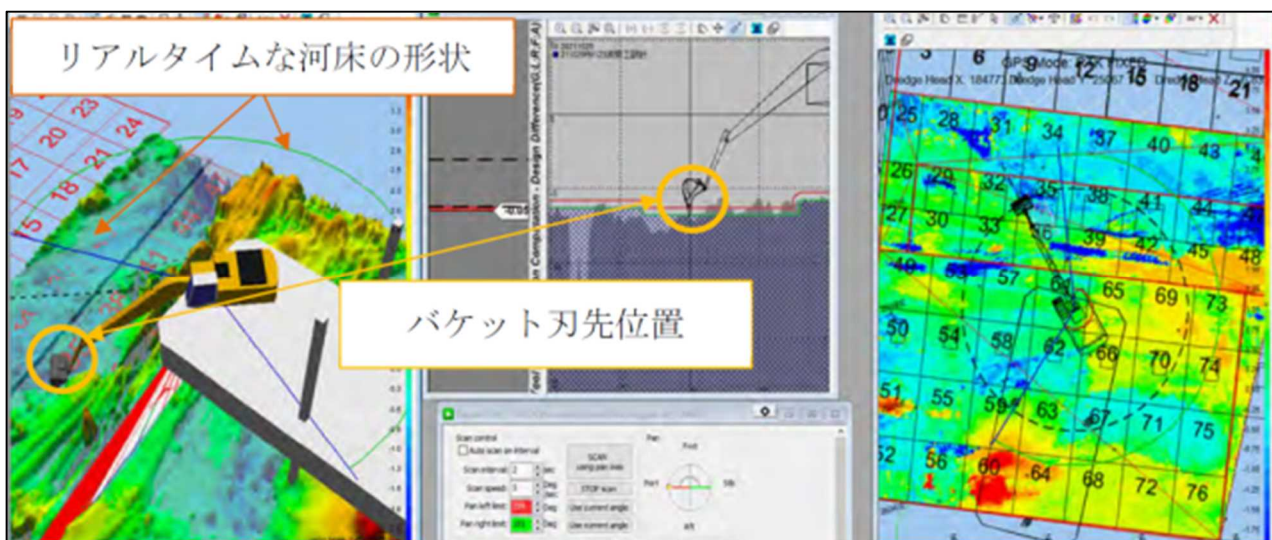


図-8 運転席モニターでの表示