大型分水路構造物工事における情報化施工（大河津分水路新第二床固改築Ⅰ期）

鹿島建設(株)　正会員　○荻野　剛
鹿島建設(株)　関原真之介
鹿島建設(株)　正会員　井上　功平

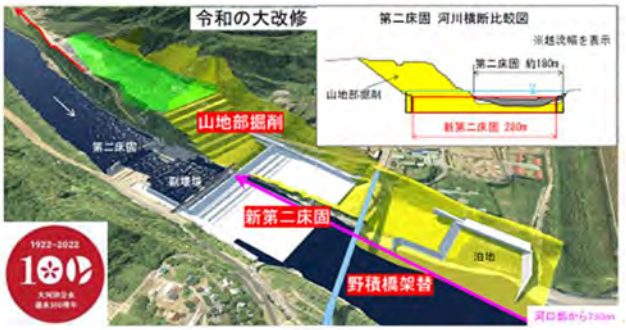
大河津分水路は信濃川（新潟県燕市）より分岐し，同長岡市寺泊野積で日本海に注ぐ人工河川である．大正11(1922)年の通水から昨年で 100 年となるなかで，建設当時の技術的制約等から水路としての機能には多くの課題を抱えている．

国土交通省北陸地方整備局では平成 27(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及び低水路拡幅，拡幅に伴う橋梁（野積橋）の架替及び，第二床固の改築（新第二床固の建設）などの事業に着手している**（図－1）**．また，信濃川河川事務所は「i-Construction モデル事務所」の一つに選ばれ，この事業を「3 次元情報活用モデル事業」と指定しており，当工事も建設現場 DX〔OX：大河津 DX〕に取り組んでいる．本稿では様々な技術を活用し施工プロセスにおける“見える化”を図っている事例について報告する．

１．はじめに

鹿島・五洋・福田JV（以降、二床JV）は大河津分水路河口部から約730m上流の現分水路内（幅180m）に床固構造物を改築する工事を担当している．工事概要を**表－1**に示す. 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，何時発生するか分からない洪水に備え常に流下能力を維持しなければならない．このため，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ず, 工場で製作した鋼殻ケーソンを1函ずつ曳航沈設する工法で施工している．

100年前の施工当時に海外から導入した大型建設機械がその後の土木工事の近代化・機械化に寄与したように，二床JVではこれからの100年に繋がればとの思いで新技術を積極的に採り入れている．本報ではその取り組みの実績を報告する．



図－1　令和の大改修

表－1　工事概要

工事名	大河津分水路新第二床固改築Ⅰ期、同その2工事	
発注者	国土交通省 北陸地方整備局（信濃川河川事務所）	
施工者	鹿島･五洋･福田特定建設工事共同企業体	
施工場所	新潟県長岡市寺泊野積地先	
工期	2019年2月13日～2024年12月27日	
工事内容	鋼殻ケーソン設置工	9基
	本堤工（摩耗対策プレート）	9基
	継手工	8箇所
	減勢工（鋼殻設置）	80基
	仮設工	1式

２．デジタルトランスフォーメーション

現在，各方面でＤＸの名のもと業務変革が進んでおり，二床JVでも建設現場ＤＸ〔ＯＸ：大河津デジタルトランスフォーメーション〕に取り組んでいる．主な内容は，遠隔臨場と水中可視化である．

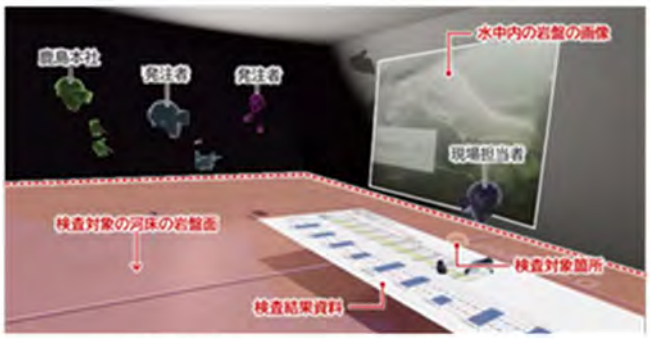
(1) 遠隔臨場

遠隔臨場では施工管理における全ての臨場を例外なく遠隔でやり切る（フルリモートによる合理化）ことを目標とし，ＶＲ空間に仮想現場を構築し多人数が同時に遠隔から参集して，BIM/CIMモデルや点群データに画像データや帳票, 360度の画像およびライブ映像などを組み合わせることで合意形成･業務の効率化を図る．

キーワード　デジタルトランスフォーメーション，遠隔臨場，水中可視化
連絡先　〒107-8388　東京都港区元赤坂1-3-1　鹿島建設株式会社　ＴＥＬ03-5544-1111

a) システムの概要

遠隔臨場では㈱リコーが開発した多人数同時参加型VR「リコーバーチャルワークプレイス（VWP)」を利用している。複数の関係者が各々の場所からVR空間へ集合し，BIM/CIMモデルや360度カメラのライブ配信画像に入り実際には立ち入ることのできない水中や危険箇所でも現地にいるかの如くの臨場感で合意形成が可能となった．実際に，水中下での洗堀部分の状況把握や鋼殻ケーソン設置位置の岩盤確認**（図－2)**，遠隔地（北九州市）での鋼殻製作工場検査などの段階確認で活用している．



図－2　鋼殻ケーソン設置岩盤の確認状況

b) 中間技術検査での適用

一昨年度末，北陸地方整備局としては初の試みとしてVRを用いた中間技術検査を実施した**（表－2)**．北陸地方整備局（新潟市)，信濃川河川事務所（長岡市)，JV事務所（長岡市）及び現場（長岡市寺泊野積，柏崎市）をインターネット通信環境上で繋ぎ，午前中はTeamsを使用した書類検査，午後はVRを用いた現場臨場を行った．

表－2　中間技術検査概要

検査日	令和3(2022)年1月12日（水）
検査方法	リモート資料確認，VRを活用した遠隔臨場
検査場所	北陸地方整備局，同信濃川河川事務所 JV事務所及び現場 （大河津左岸河口，柏崎港）
検査対象	鋼殻ケーソン，減勢工等の出来形・保管状況
使用機器	[ｺﾗﾎﾞﾚｰｼｮﾝﾌﾟﾗｯﾄﾌｫｰﾑ]Teams [VR]VWP：ﾘｺｰﾊﾞｰﾁｬﾙﾜｰｸﾌﾟﾚｲｽ [ｳｪｱﾗﾌﾞﾙｶﾒﾗ]Safie，360度ｶﾒﾗ（THETA360）

初めての取り組みであり移動時間の縮減等の想定された効果のみならず，検査官に対してVRを用いた臨場感のある現場説明を行うことで短時間で明確に工事の内容を伝えることが出来た．また検査時間そのものも短縮することが出来た．その一方で①通信環境による影響（画像解像度，声の遅れ，反応速度等）が大きい，②検査官からの口頭による指示に対し直観的に反応できない，③長時間（1.5時間）のVR装着**（写真－1)**による感覚疲労などVR故の課題も抽出された．



写真－1　中間技術検査実施状況（北陸地方整備局）

将来的には360度カメラ映像を繋ぎストリートビュー的に現場を確認，或いはライブ映像内で計測を行うなど全ての臨場に活用できるように開発を継続している．

(2) 水中可視化

従来より水中掘削では熟練技能者の感覚に頼るところが大きく，追加作業や仕上げ段階の手戻りが多く発生していた．最近では水中ソナーで把握した点群データをマシンガイダンス（MG）に取込み，バックホウのバケット軌跡を反映させて水中での画像を更新していく技術もあるが，バケット通過後の形状がそのまま維持されることが前提となっている．そのため，実際にはバケットからのこぼれや背面への土砂の回り込みが生ずることも多く，水中ソナーでの確認後に再施工を行う必要があった．今回，バックホウ浚渫船に水中ソナーを装備して，河川内掘削作業中の必要な時に河床形状を点群データとして測定し，リアルタイムに可視化するシステムの適用を図った．

表－3　システムを活用した施工フロー

①	掘削範囲の計画（設計図の作成）
②	バックホウ浚渫船にMG／水中ソナーを設置
③	事前測量（現況把握）
④	システムに測量結果を反映させた上で掘削
⑤	掘削作業後に水中ソナーを用いた現況測量
⑥	測量結果をもとにバックホウ浚渫船で再掘削
	以降⑤，⑥を繰り返す
⑦	施工完了後に出来形確認、評価

なお，当システムについては2021年度の『建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・

活用に関するプロジェクト（PRISM)』に採択され，評価：Aを受けた．

a) システムの概要

本システムの機器構成はバックホウ本体に取り付けた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マルチビームソナーに大別される**（図－3）**．マシンガイダンスによるバケット刃先位置情報とマルチビームソナーで入手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画面に表示させる．またマルチビームソナーによる測量結果は，クラウドアプリを用いて関係者へリアルタイムに情報共有され，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できるようにした．



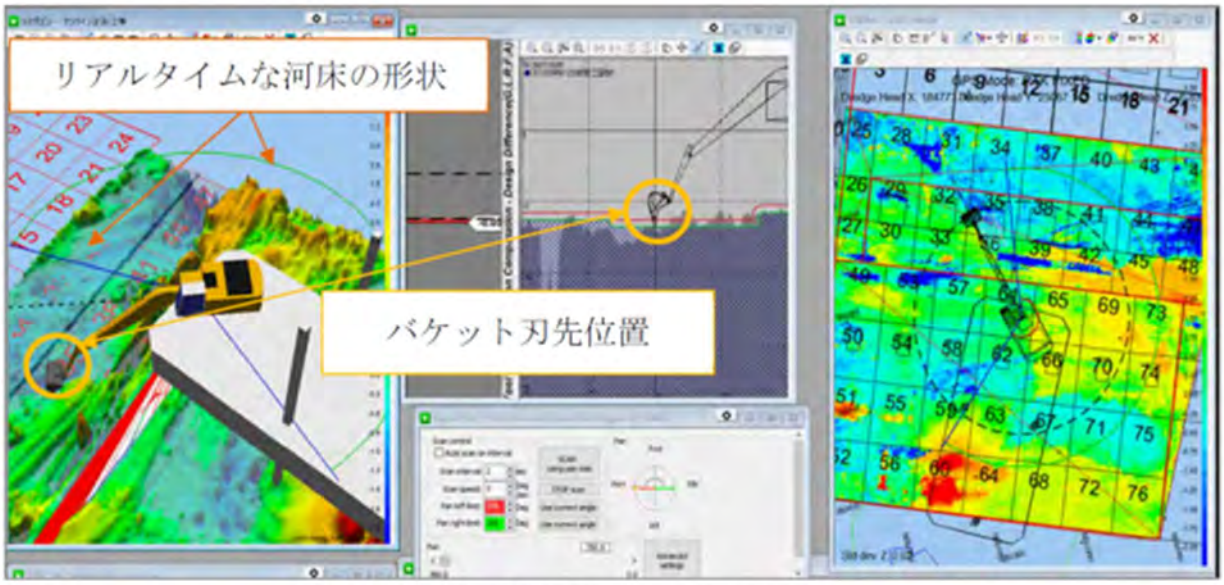
ﾏｼﾝｶﾞｲﾀﾞﾝｽ	GCS900
測量結果表示	Trinble Marine Construction
ﾏﾙﾁﾋﾞｰﾑｿﾅｰ	SeaBat T20 制御ｿﾌﾄｳｪｱ：SonarUI 解析ｿﾌﾄｳｪｱ：PDS
ｸﾗｳﾄﾞｻｰﾊﾞ	BOX

図－3　システム機器構成

b) システムの適用とその効果

本システムで使用するマルチソナーは任意のタイミングで測量ができ，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ため精度の高い施工と施工の効率化を実現できた．また，河床の状況が可視化されるため熟練オペレータでなくとも画面を見ながら的確な操作が可能となった**（図－4）**．

これまでオペレータ任せになっていた掘削作業が，PC画面を通じ関係者全員で河床形状が把握可能となったことで，作業方法の検討や進捗・出来形不足に対する追加施工の指示など，多面的で詳細な施工管理が可能となった．また，本システムの精度は測量船による深浅測量と同等であり，世界測地系による点群データで出力できるので土量計算にも活用できる．



図－4　運転席モニターでの表示状況

３．更なる“見える化”

(1) 倒れた止水壁の“見える化”

令和3（2021）年8月の前線豪雨にともなう出水により，撤去準備中であった鋼殻止水壁が倒壊した．本来であれば水面上にて玉掛けし分割揚重撤去する手順であったが，止水壁が水中で不規則に折り重なった状態で実態が把握できず，そのまま潜水士が撤去作業することは大変危険であった．このため水中音響3Dスキャニン

グソナーを用いて水中の状態を点群データ化した.**(写真−2)** そのデータを見ながら止水壁の撤去方法を検討するとともにVWPを用いて潜水士に水中作業を疑似体験させることで安全に撤去作業を行うことができた.

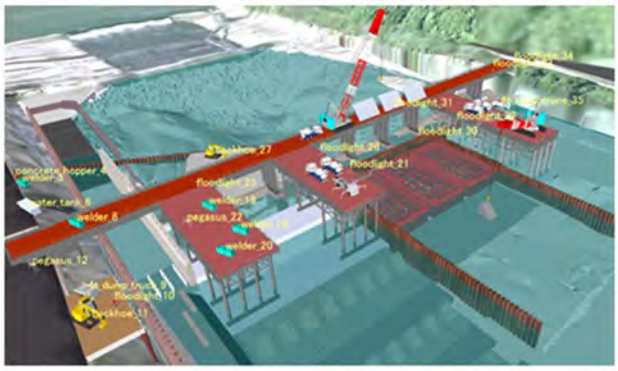
(2)現場の“見える化”

広大な現場に散在する資機材の管理にAIとドローンを組み合わせた新しい資機材管理システムをAI inside㈱社と共同で開発し運用している．具体的なステップは以下の通り．①学習データ準備～AIへの学習：ドローンが撮影した空撮画像を使い，AI（Learning Center Vision）に現場内の資機材の名称と形を学習させる.②ドローンによる現場撮影:一定高度から撮影しその動画とドローンの飛行記録をPCへ取込み．③AIによる解析と結果の出力：撮影した空撮動画と飛行記録からAIが資機材名称と位置を推定．その結果を現場3Dモデルに取り込むことで資機材の位置を現場モデル上に見える化表示可能 **(図−5)**．本工事で構築したAIモデルは他現場でも活用できるためそれを増やす取り組みを継続し,全社への展開も視野に入れている.

当システムは適用現場が増えることでより実用性が高まるとの評価を受けた〔2022年度『PRISM』評価B〕.



写真−2　倒れた止水壁の状況と潜水士による確認



図−5　ドローン画像から資機材を判別

4．おわりに

新第二床固の建設工事は現在も鋭意施工中である．今回紹介した取り組みに留まらず,“計測の見える化”や“河川水位の見える化”など様々な技術の現場導入や開発を通じてOXを発展させ，現場管理の高度化や生産性の向上を図り，これからの100年に繋がる施工管理システムの構築に積極的に取り組んでいく.

謝辞：本取り組み〔OX〕の実施に当たりご指導いただいている国土交通省北陸地方整備局の関係者皆様に心より感謝の意を表する.