

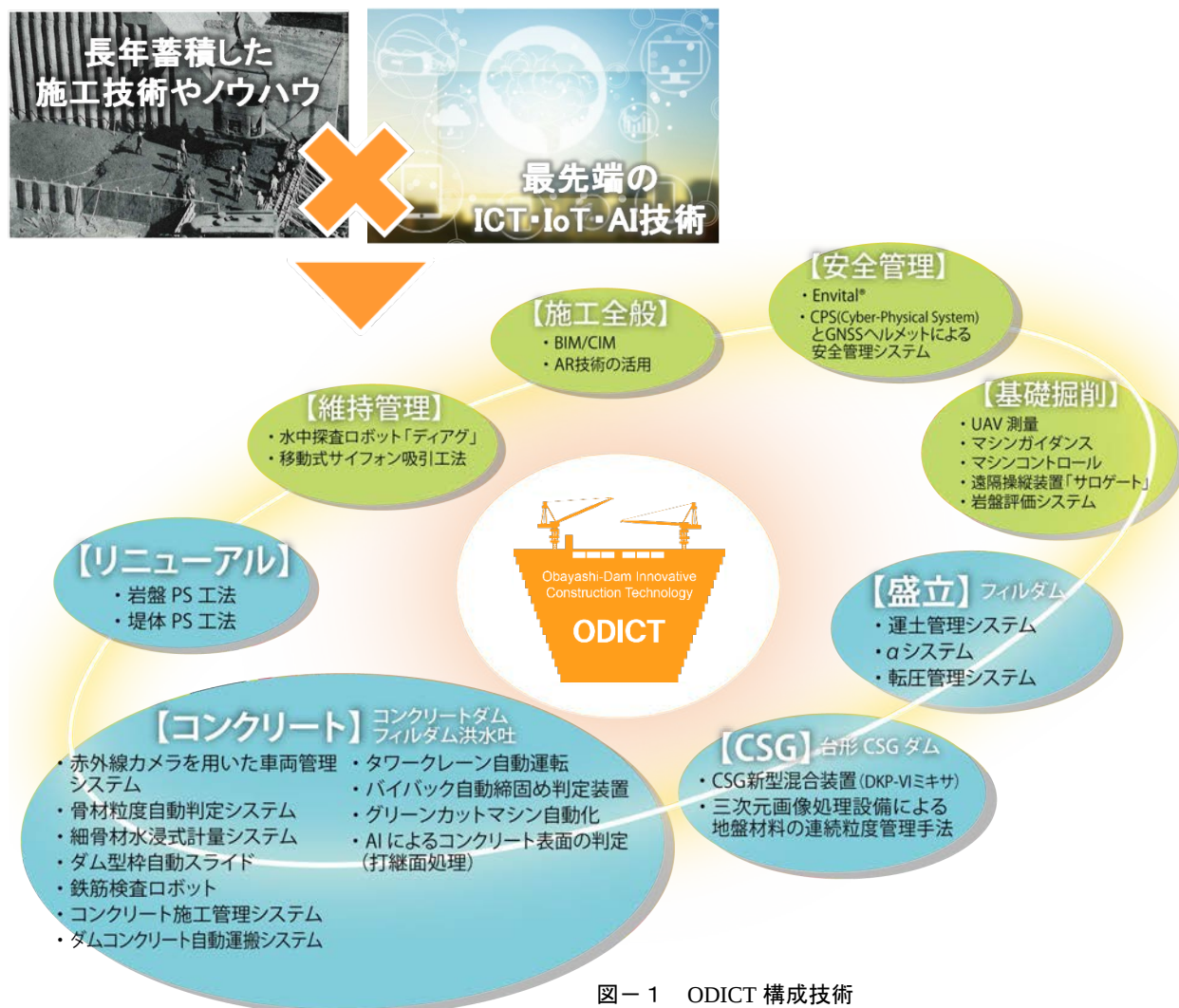
ダム建設現場における情報化施工技術と DX への取り組み

(株)大林組 正会員 西本 卓生 ○阿部 留美子
岩下 正剛 蔵元 一成
小河原 暁彦
独立行政法人水資源機構 徳永 倫一 松尾 昂祐

1. まえがき

建設業では、熟練技能労働者の高齢化による技術力低下や新規入職者数の減少による担い手不足が懸念されている。ダム建設工事は、建設業の中でも施工数が少ないため技術の伝承が難しいうえに、工事規模が大きく、多くの技能労働者が必要であり、その確保が課題となっている。

この課題を解決するため、ダム建設工事の安全性及び生産性向上、品質管理の高度化を目指し、長年のダム建設によって蓄積してきた施工技術と ICT や IoT, AI を融合させた技術を集約した「ODICT® (Obayashi-Dam Innovative Construction Technology)」を構築した。図－1 に ODICT 構成技術を示す。



図－1 ODICT 構成技術

本稿では、川上ダム本体建設工事（三重県伊賀市）をフィールドとして開発したダムコンクリート打設管理システム、ダム型枠自動スライドシステム、タワークレーンを用いたコンクリート自動運搬システムおよびグリーンカットマシン自動運転システムについて報告する。

キーワード ダム、自動運転、自律運転、働き方改革、建設 DX

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株) 大林組ダム技術部 TEL 03-5769-1321

2. システム概要

(1) ダムコンクリート打設管理システム

国土交通省では 2023 年度までの小規模を除くすべての公共工事における BIM/CIM の原則適用に向けて、運用を進めている。川上ダム本体建設工事でも施工 CIM の取組みとして、BIM/CIM モデルを活用したダムコンクリート打設管理システム開発に取り組んだ。

このシステムは、既存のコンクリート施工管理システム（eagle plus¹⁾）をダム用に改良し、1 バケット毎のコンクリート品質データ及び施工データを自動で 3D モデルに紐づけることを可能にした。本システムでは現場事務所で作成したコンクリート打設計画モデルにバッチャープラントから提供されるコンクリート品質データ、タワークレーンによるコンクリート荷下し位置及び荷下し時刻、パイバックから送信されるコンクリート締固め位置、締固め完了時刻が蓄積される。

すべてのデータが集約されるため、BIM/CIM データ管理に費やされる作業時間が削減し、現場の職員は施工管理に専念することができる。さらにこれらの情報はデータサーバを経由し、クラウドへアップロードされるので、いつでもどこでも関係者が施工情報を共有することができ、確実にコンクリートの品質管理を行うことができる。コンクリート施工管理システムを図-2 に示す。

(2) ダム型枠自動スライドシステム

コンクリートダムのスライド型枠は、打ち重ねが進むたびにクレーンで吊り上げ、作業員が位置を調整し建て込んでいる。型枠を正確な位置に建て込むためには、熟練作業員の技術と調整に係る多くの時間が必要である。またスライド型枠の盛替設置作業は繰り返し作業であり、コンクリート打設工程に影響を与える重要な作業となる。そこでスライド型枠の移動、設置作業を自動化するダム型枠自動スライドシステム（図-3）の開発を行った。

ダム型枠自動スライドシステム本体は、型枠固定ユニット、型枠足場ユニットから構成され、油圧ジャッキでそれぞれのユニットを交互にクライミングする。クライミング手順は以下の通りである。

- a) コンクリート打設完了
- b) 型枠スライド脱型

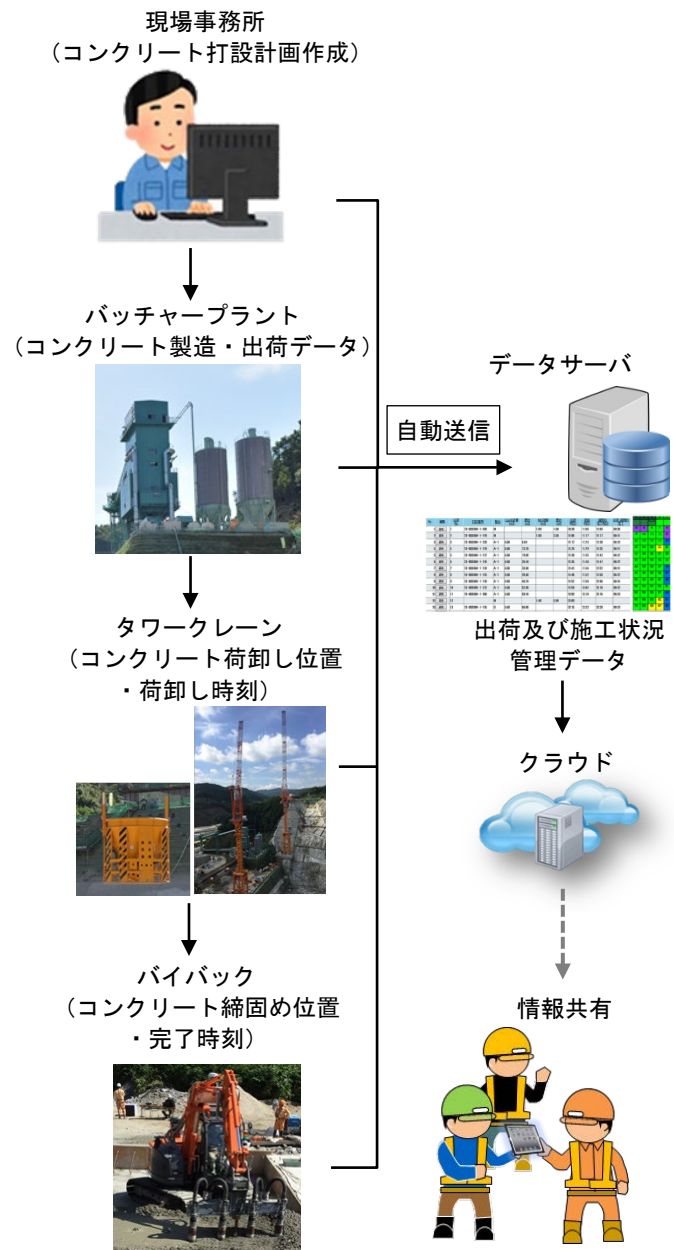


図-2 コンクリート施工管理システム

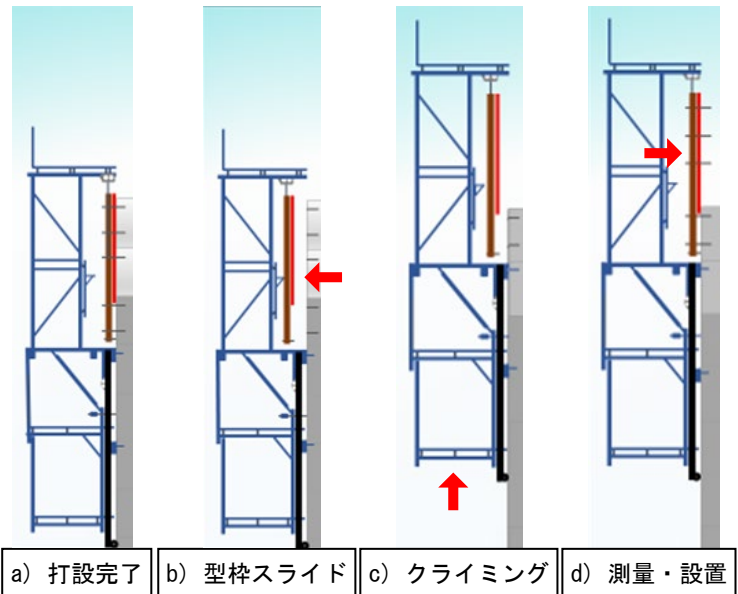


図-3 ダム型枠自動スライドシステム

- c) 固定ユニットクライミング，型枠足場
ユニットクライミング
- d) 型枠測量，型枠設置

ダム型枠自動スライドシステムのクライミング手順を図－4に示す。

スライド後の位置を正確に合わせるため，トータルステーションとGNSSを併用して測量を行う。測量データはクラウドサーバに送信・保存され，移動距離を演算した結果がスライドシステムに送信される。クライミング作業は専用コントローラにて行い，位置調整は現場事務所のパソコンやタブレット端末からの遠隔操作で行う。



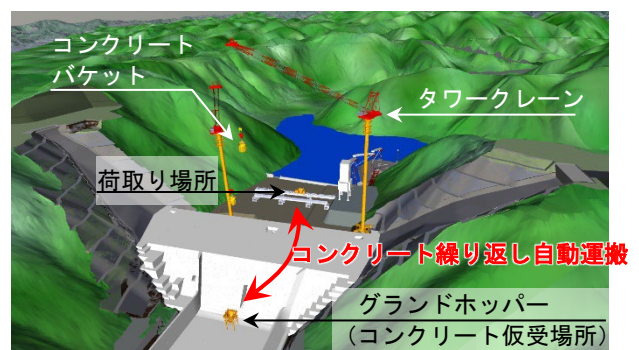
図－4 クライミング手順

本システムを導入することで，クレーンを使用せずに作業ができることに加え，これまで5名で行っていたダムの型枠スライド作業を1人で行うことができ，大幅に生産性が向上した。また高所での玉掛け作業を行う必要がなくなり，安全性も向上した。

(3) タワークレーンを用いたコンクリート自動運搬システム

コンクリートダム建設において，コンクリート運搬工の安全性向上と効率化はダム建設の進捗に多大な影響を及ぼすが，これらはクレーンオペレータの操縦技術に大きく依存する。安全で効率良く運搬するためには，吊荷の振れを最小限に抑える熟練技術が必要である。しかし高い集中力が必要な長時間の繰り返し作業はオペレータの負担が大きい。

本システムは熟練オペレータの効率的な運転を記憶させ，運転動作を再現することで，定点間のコンクリート運搬作業を自動で行う，ティーチングプレイバック方式を採用している。図－5にシステム稼働イメージ図，図－6にタワークレーン自動運転状況を示す。



図－5 システム稼働イメージ図

このシステムの導入により，長時間の繰り返し作業によるオペレータの負担が軽減した。また，これまでコンクリート運搬作業は，クレーンを運転するオペレータと安全監視者の2名がタワークレーンに搭乗して行われていたが，自動運転により安全監視者のみでの運搬作業が可能となった。ダムのコンクリート打設作業は昼夜を通して行われるが，オペレータの勤務体制に無理が無くなり，働き方改革に繋がることが期待できる。



図－6 タワークレーン自動運転状況
(安全監視者のみ搭乗)

さらにこの現場では，デジタルツイン（現実の世界を仮想空間にコピーするデジタルの双子）を活用したタワークレーン自律運転（決められたプログラムの実行ではなく，機械が周辺の状況から最適なルートを判断する運転方法）の実証試験も行った。施工CIMで作成した詳細な現場の3Dモデルへタワークレーンに取付けた3D-LiDAR（レーザー光を照射し，反射光により距離を測定するセンシング方式）など各種センサデータを反映し，タワークレーンの挙動と周辺状況を再現する。

吊荷の荷卸し地点は BIM/CIM データから生成された座標データや GNSS ローバーによって指定できる。この実証試験により、これまで技術的に困難であった任意点間のタワークレーンの連続自律運転が可能となった。デジタルツインを使用したタワークレーン自律運転の様子を図-7に示す。

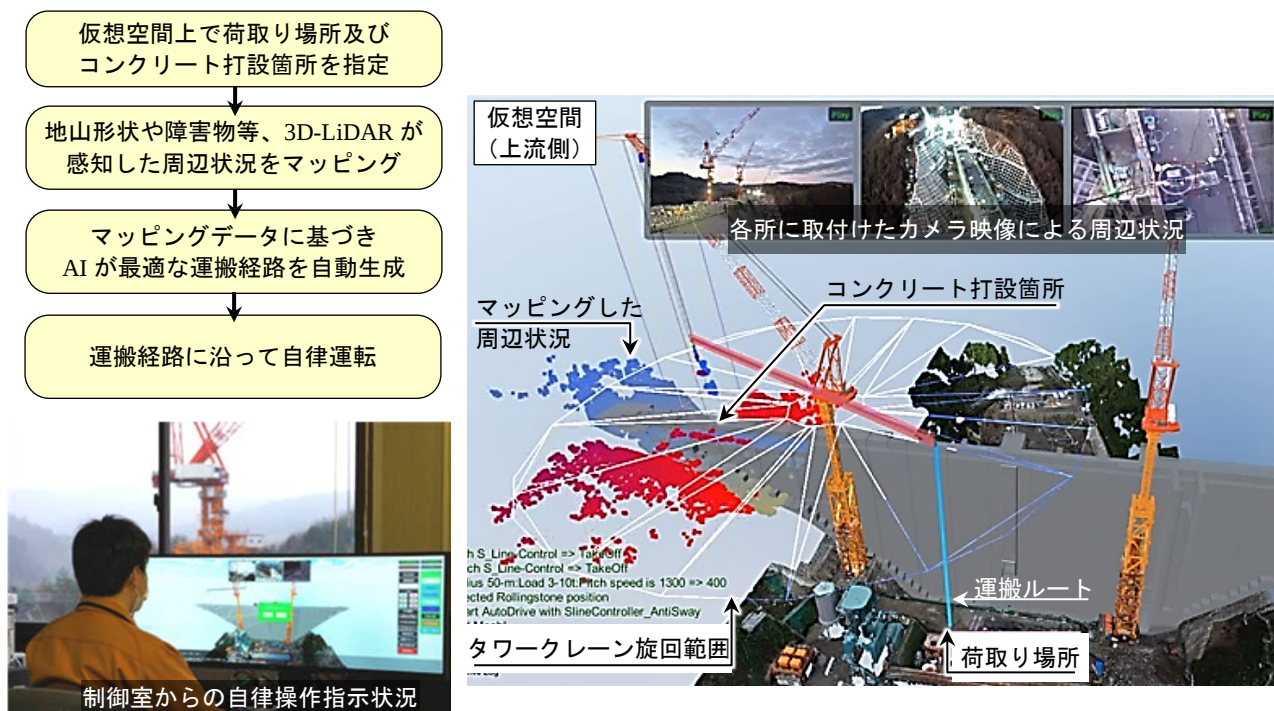


図-7 デジタルツインによる自律運転

(4) グリーンカットマシン自動運転システム

コンクリートダム建設工事では、圧力水やブラシでコンクリート打継ぎ面のレイタンス処理を行っている。グリーンカットと呼ばれるこの作業は、堤体コンクリートの品質を確保するために必要不可欠であるが、コンクリート打設後の残業や休日出勤で行われていた。

本システムは、グリーンカットマシンにブラシ押付け力、回転数、トルクが測定可能な応力センサや傾斜センサ、GNSS を取付け、適切にカットブラシを制御して指定した範囲内のグリーンカットを行う。図-8にグリーンカットマシン自動運転の様子を示す。

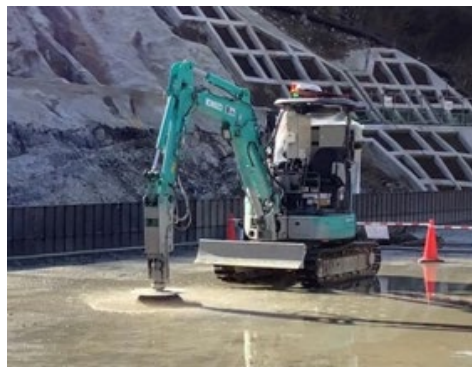


図-8 グリーンカットマシン自動運転

これによりオペレータの熟練度に依存せずに均一な品質を確保することが可能となる。また泥水がかかる苦渋作業から解放されるとともに、早出や残業が無くなり働き方改革に寄与すると考えられる。

3. まとめ

川上ダム本体建設工事での様々な取組みにより、情報化施工技術が現場職員及び技能労働者の負担軽減、生産性向上に寄与することが確認できた。

今後更に自動・自律運転技術や通信技術が進化し、快適で安全な場所からの遠隔操作によるダム建設が可能となることが期待される。今後も様々な情報化施工技術によって建設 DX を推進し、技術継承や担い手確保に努め、建設業を魅力ある業界にしていきたい。

謝辞

本開発にあたり、独立行政法人水資源機構川上ダム建設所の皆様に多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

1) eagle plus : <https://sky-system.net/concrete-construction-management.html>