

# 建設ダムにおけるDXの取り組み ～国内初の自律型コンクリート 打設システムに挑戦～

小島 悠吾<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中部地方整備局 新丸山ダム工事事務所 工務第一課 (〒505-0301 岐阜県加茂郡八百津町八百津3351)

新丸山ダム建設事業は、既設丸山ダムを嵩上げすることによって機能アップを図る再開発事業である。本事業は設計段階からBIM/CIMを活用しており、今後、新丸山ダム本体工事では骨材の製造からコンクリート打設までの一連の工程を自動・自律化することを目指している。現時点や今後の建設DXの取り組みやその課題を紹介する。

キーワード DX, 自動・自律化, 安全性向上, 生産性向上

## 1. はじめに 背景と経緯

建設業就業者数は、令和2年に492万人でピーク時の平成9年の685万人から約3割減少し、今後、さらに建設業就業者数の減少が見込まれている。また、建設技術者の年齢別を比べると60歳以上の割合が全体の25%を占めており、29歳以下の若者の割合は全体の11%と高齢化が進んでいる状況である。そのため、本事業で建設ダムのコンクリート打設において自動・自律化施工に挑戦し建設現場の生産性向上を図り、発注者・受注者相互の働き方に革新を起こすとともに、次世代のダム建設技術につなげる先導的役割を果たしたい。

## 2. 事業概要

本事業は、既設丸山ダムの下流47.5mの位置に20.2mの嵩上げすることにより、洪水調節機能の強化、流水の正常な機能の維持、発電能力の強化を目的とする多目的ダムを建設する事業である。(図-1)洪水調節容量として、既設ダムの約3.6倍となる7,200万 $\text{m}^3$ を確保する。河川環境の保全として、新たに1,500万 $\text{m}^3$ の不特定容量を確保するとともに、貯水量の増加による水位上昇を利用して発電の増強を図るものである。

新丸山ダム建設事業の特殊性として、大河川である木曾川本川に位置する丸山ダムの洪水調節機能を確保しながら、その直下流で新丸山ダムを安全に施工する必要がある。そのため施工手順としてまず、丸山ダムの放流に影響がない左岸側を先行して打設し、その後左岸側で洪水調節をしながら(左岸活用)

右岸側の打設をするという他に類を見ない特別な施工方法である。(図-2)

このように、本事業は非常に難易度が高く、複数の条件が絡み合う厳しい工事であるため設計段階からDXを取り入れ、円滑な事業管理を行っている。



図-1 事業概要

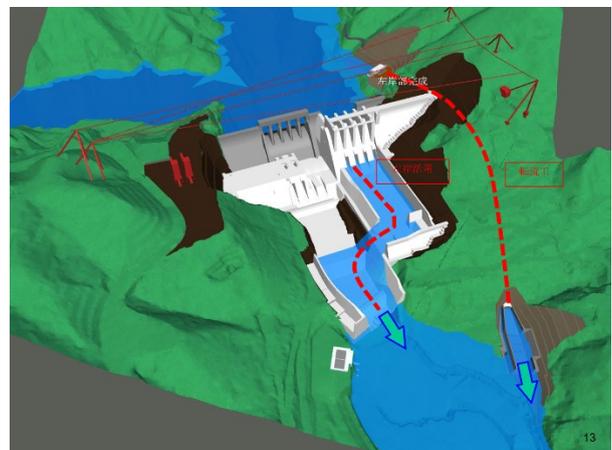


図-2 左岸活用のイメージ



一度で敷き均しが行えるよう3mに設定した。次に、最適な縦寸法を決定するため横3山×縦2山の合計6山にして敷き均しを実施した。まず、縦寸法を4.5mに設定して敷き均しを実施したところ、1山目の余った土を抱えながら2山目の敷き均しに突入したため、ブルドーザーが押し負けて敷き均すことができなかった。改善のため、縦寸法を5mに変更することで効率の良い敷き均しをすることができ最適なグリット寸法は3m×5mであると判断することができた。

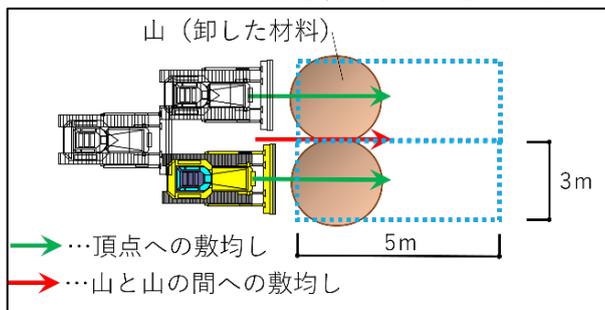


図-6 グリット割

#### b) 複数山敷き均し作業

実際の現場では複数の山を一度に敷き均しを行うため、一方向敷き均しと退避動作の運転プログラムを組み合わせることで複数の山を一度の指令で敷き均すプログラムを作成し、実証実験を行った。(図-7)

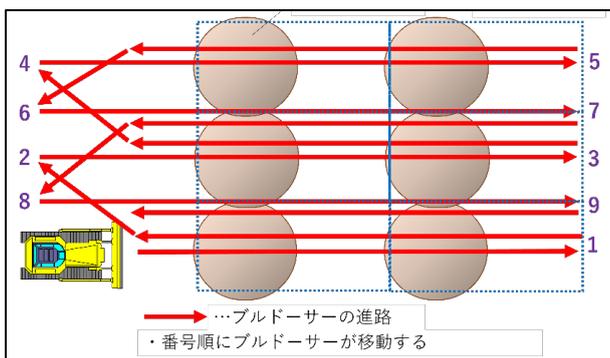


図-7 敷き均し動作イメージ

#### c) まとめ

本実証実験により得られた成果として、CMSモデルの基本グリット寸法を横3m×縦5mが最適であると分かった。また、複数の山を同時に敷き均すプログラムを作成することができ、3山×3山を均一に敷き均すことができた。

#### d) 今後に向けて

今回の実証実験では、単独重機での実験であったが、今後は複数重機の操作や品質管理も行っていく。また、今回は敷き均しを行ったが、今後はコンクリート打設で使われるケーブルクレーンや締固め機械等も実証実験の対象となり、精度向上を引き続き実施していく。

#### (4) 第2回実証実験について

第1回実証実験の成果を基にダンプトラックの自動運転からブルドーザーや振動ローラーによる自動運転を今後予定している。本実験では掘削土を残土処分場内での自動運搬、ブルドーザーや振動ローラーで自動敷き均しを行うための実験である。

##### a) 施工計画の作成・建設機械の命令

従来、施工をする前に、人が施工計画を作成しそれに基づき重機のオペレーターが作業を行っていたが、本体工事ではCMSを活用することで自動で施工計画の作成を行うことができる。また、CMSで作成された施工計画を建機FMSを用いることで自動で建設機械に命令し操作・管理を行うことができる。

##### b) 複数重機での建機FMS操作の確認

第1回実証実験では、ブルドーザーのみの操作であったが、第2回実証実験は、ダンプトラック・バックホウ・ブルドーザー・振動ローラーの4種類の建設機械を同時に操作する。連動して操作することによる動作に遅れや不具合を確認する。

##### c) 遠隔操作の実施

上記で紹介した内容は、集中監視室で一括管理されるが、実際の施工を行っている際に不具合が起きた場合は緊急停止を行い遠隔操作に切り替えを行うことも含め本実証実験で検証を行う。

##### d) 施工計画・施工・品質管理までを含めた統合管理システムの構築

CMSで作成した施工順序を建機FMSによって命令し重機が自動で施工を行い、品質管理を自動でリアルタイムに行う。その結果を自動で帳票に打ち出される一連のシステムを構築する。そうすることで、施工管理の効率化が図られ、工事進捗状況の確認が容易になる。(図-8)

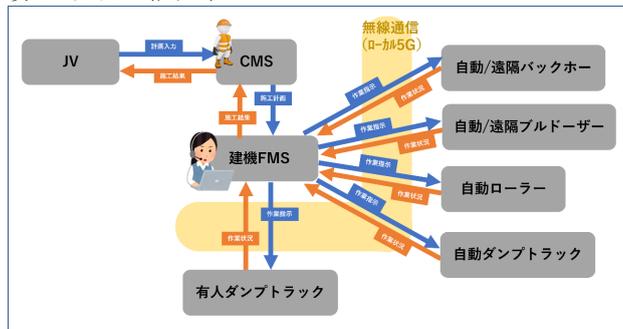


図-8 自動施工サイクルイメージ

#### (5) 今後の課題

現在自動・自律化を実現するに当たって挙げられる課題として、現在のところ以下が考えられる。

##### a) 通信環境の整備 (ローカル5G)

現在のダムサイトでは、通信環境が非常に悪いため自動・自律化に対応する重機の運転や連携、品質管理も含めたリアルタイムで情報を更新するには新たな通信環境の整備が必要である。通信環境の選定として、自動・自律化の高通信に耐えられる通信速度、ダムの堤高が100mを超えるため通信距離が長いこと、天候に左右されない安定した通信が必要であ

ること、このような条件を満たしたローカル5Gが最良であると判断した。(表-1)

表-1 ローカル5G比較表

	Wi-Fi6	STARLINK	ローカル5G
最大通信速度 (理論値)	9.6Gbps	25Mbps	430Mbps
最大通信速度の 接続可能距離	30m	30m	200m
通信の安定性	▲	×	◎
セキュリティレベル	低い	低い	高い
補足	①移動で切れやすい ②パスワード突破されやすい	①天候に左右される/ 移動で切れやすい ②パスワード突破されやすい	①移動で切れにくい ②SIM認証 (個別に発行される識別カードにより 高いセキュリティを確保)

## b) コンクリート打設時の締め固め機械の自律化

現在のダム工事では、コンクリート打設時の締め固めは作業員の日や感覚で行っている事が多いため、均等に締め固めができていないか判断することが自動化では困難である。今後は、締め固めをした際のコンクリートの挙動や高さを見て適切な箇所に締め固めを行う自律運転の開発を実証実験を行いながら進めていく。(図-9)



図-9 締め固め機械

## (c) その他の課題

その他の課題として、自動機械のスムーズ化、ケーブルクレーンのバケットブレ防止が挙げられるが、今後検討していく。

## 5. 成果

### (1) 自動・自律化することによって得られる成果

従来、ダム本体工事では、24時間コンクリート打設時を行っていたため、3交代等を活用し工事を進めるため、多くの人が必要であった。現在は技術が進歩し重機を使った施工が基本となっているため、昔に比べて作業員が少なく施工を行うことが出来るようになった。本事業は、自動・自律化に取り組むことで最終的に丸山ダム建設時(約70年前)と比べて約10分の1の作業員になると現在想定している。併せて作業員の安全性向上にも効果を発揮することができると考えている。

### (2) 自動・自律化を挑戦することによって発注者が

## 得られる効果

中部地方整備局内では、最後に建設した小里川ダムの完成から15年以上経過しており、ダム建設に関わった技術者が少なくなったため、経験不足が問題となっている。今回、本事業を経てダム技術と次世代技術(自動・自律化)のデータを蓄積し技術を伝承することで、経験不足を解消できると考えている。

## 6. おわりに

今後、自動・自律化について、成果・課題を整理し、技術の発展に努めていきたい。また、自動・自律化を実現することにより生産性向上に加え現場環境の改善にも寄与するため建設業界の3k(きつい、汚い、危険)を払拭できると考えている。

新丸山ダム工事事務所は、i-Constructionモデル事務所(全国13事務所)としてCIMモデルとデジタル技術を活用し、一連作業による「自律型コンクリート打設システム」に挑戦することで、ダム建設技術における先導的役割を果たしたいと考えている。先進的役割を果たすことで、他の事務所も進んでDXに取り組むことができ魅力ある建設現場の実現につながると考えている。