

# 大分川ダムにおける ICT 施工

鹿島建設（株） 正会員 ○奈須野 恭伸

## 1. はじめに

我が国では 2010 年をピークに人口減少が始まり、同時に高齢化も進んできている。我々建設業界においても同様に、現状における就業者数はピーク時の 7 割強となり、そのうち 3 人に 1 人は 55 歳以上である。

そのような建設業界を取り巻く環境の中で、生産性の更なる向上、品質確保、安全性の向上、熟練労働者の減少など様々な課題があげられている。それらに対応する方策の一つとして情報技術分野の技術を利用した ICT 施工が普及してきている。また、国土交通省が推進する「i-Construction」のなかでも、大きな要素として「ICT の全面的な活用」が挙げられている。近年の情報技術分野における急速な技術革新により、各種計測計器の機能向上、低価格化、小型化、情報処理技術の高度化が進み、土木施工現場においても ICT が活用しやすい環境となってきている。

本稿では測量段階、設計・施工計画段階、施工段階（施工管理、品質管理）、施工～維持管理段階の各段階において、数多くの ICT を導入・活用して施工を行っている大分川ダム建設工事の事例を紹介する。

## 2. 各施工段階における ICT の適用事例

大分川ダムは大分川水系七瀬川に位置し、その目的は洪水調節、河川環境用水、水道用水とする多目的ダムである。ダム諸元は、堤頂長 496.2m、堤高 91.6m、堤体積 378 万 m<sup>3</sup> の中央コア型ロックフィルダムある。H29 年 5 月に盛立を完了しており、H30 年 2 月の試験湛水に向け最終段階を迎えている。

### 2.1 取組みの目的

大分川ダム建設工事では、設計時の情報（構造物、材料、地質などのデータ）に、ICT を利用して得られる品質管理・出来形管理の情報を追加・更新し、発注者、コンサルタント、施工者の 3 者で共有している。また、それらのデータは施工中も迅速に管理・確認し現場の品質管理、施工管理にフィードバックさせるとともに、工事完成時に発注者に引き渡し、試験湛水・維持管理までデータを引き継ぐことで「設計・施工計画—施工—検査—維持管理」までを一体化した CIM（Construction - Information - Modeling, Management）を効果的に活用している。本取組みの主な目的は以下の通りである。

#### 1) 生産性の大幅な向上

- ①設計図面の整合性、施工方法の妥当性を事前チェック・検討することによる現場施工の合理化
- ②施工図面（3D）を基に ICT 重機にて施工を行うことによる現施工の迅速化

#### 2) 管理（特に品質）の合理化

- ①施工により得られる各種情報の、3D モデルによる一元的管理
- ②上記を用いた、施工協議、設計へのフィードバックの迅速化
- ③工事目的物の品質トレーサビリティと維持管理段階への活用

### 2.2 測量段階

一般的に使用されている GNSS 測量はもとより、ドローンを活用した写真測量を行い、効率的に地形の 3 次元データを取得した（写真-1）。大分川ダムでは現場工事事務所で写真測量用のドローンを購

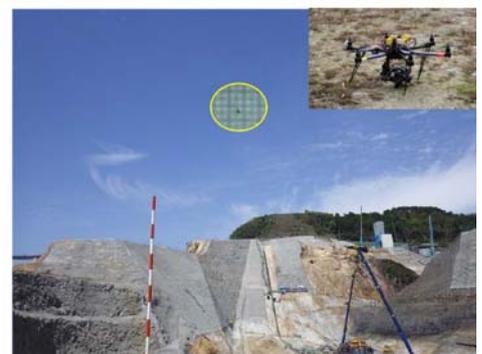


写真-1 ドローン測量状況

キーワード フィルダム, ICT, 生産性の向上, 重機の自動化, 型枠の自動化

連絡先 〒870-1201 大分県大分市廻栖野 3039-2 鹿島建設（株）大分川ダム建設工事事務所 TEL097-574-5382

入, 日々の写真測量・写真撮影に活用している. 写真測量で得られた点群データは 3 次元 CAD データに変換し, 施工計画立案や出来高管理に活用した (図-1) .



図-1 ドローン測量結果

## 2.3 設計・施工計画段階

設計・施工計画段階では各種 2 次元データから作成した 3 次元データを組み合わせ, 以下の項目で活用した.

### 1) 施工方法の妥当性チェック・発注図面の整合性のチェック, パーチャル現場での施工計画

すべての設計図面を統合した 3 次元モデルを構築し, 堤体内にある構造物等を透視化することで, 配置される構造物の 3 次元的な相互干渉の確認や 2 次元の断面・平面図では表現困難な物の確認が容易となる (図-2) . 施工着手前に 3 次元的な位置関係を確認しておくことで, 施工の待ち, 手戻りをなくす. また, 各施工段階での施工状況を 3 次元的に検証することにより, 施工方法の妥当性の確認を実施している.

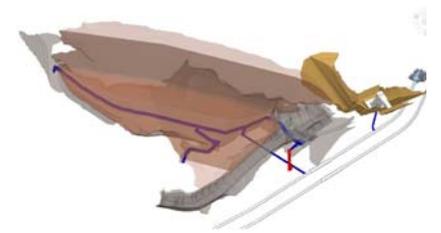


図-2 堤体内部透視図

### 2) 数量算出

3 次元図面を任意断面においてスライスすることで, 設計と現地との乖離を瞬時に把握できる. それを基に材料別土量算出を行うことで, 材料廃棄を含め将来の材料採取のシミュレーションを立てることができる (図-3) .



図-3 地質 3 次元モデルイメージ図 (原石山地質図)

## 2.4 施工段階-1 (施工管理)

施工段階は「施工管理」と「品質管理」に分けて述べる.

### 1) 3DMG (マシンガイダンス), 3DMC (マシンコントロール) 重機を使用した丁張レス施工

重機に GNSS システムと 3 次元 CAD データを搭載することにより, 目的物の位置や形を運転席のモニタで確認できるシステムであり, 重機オペレータは予め機械に入力された目的物のデータに基づきモニタに表示されるガイドに従うことによって, 目標とする形状に掘削や整形を行うことができる. これにより均一な出来形を確保できるとともに, 測量作業省略により機械稼働率が向上する. また, 測量による位置出し確認のために人間が重機の作業エリアに近づく頻度が激減するため, 安全性も向上する. 大分川ダムでは油圧ショベル・ブルドーザを合わせて 20 台近くの機械にセットされており現場の測量, 丁張り設置作業が 9 割程度削減された.

### 2) ダンプ運行管理システム

各ダンプに設置した端末 (スマートフォン) により, ダンプの運行・運搬状況を管理するシステムであり, 本システムにより大型ダンプをはじめとする工事車両の安全な運行と作業効率の向上を図れるとともに, 山間部等の狭隘な道路における大型工事車両同士の『すれ違い管理』が可能となる. また, クラウドに運搬状況データを蓄積することで, フィルダムに必要な, 「何を」「いつ」「どこから」「どこへ」「どのくらい」運んだのか,

といった積載物の種別に応じた確実なトレーサビリティ管理を行った（図-4）。

## 2.5 施工段階-2（品質管理）

### 1) 転圧管理システム

本システムは、振動ローラに GNSS 受信機を搭載して走行位置の座標値を表示・記録することにより、盛土の転圧回数を管理するものである。盛土地盤をあらかじめ管理ブロック（メッシュ）に分割し、管理ブロックの転圧回数を表示・記録する。オペレータは操作室内のモニタを確認しながら運転することで、リアルタイムに転圧状況を確認することができる。また、本システムは無線 LAN を用いて複数台の振動ローラの転圧データ（転圧エリア及び回数）を共有化し、自機の転圧回数のみならず複数台の転圧データを合成、表示することで転圧の過不足の発生を防止した。



図-4 ダンプ運行管理システム概要

### 2) 盛立材料粒度管理システム

大分川ダムでは、盛立材料の一つであるフィルタ材を SP ミキサ（攪拌装置）によってブレンド製造を行った。フィルタ材への要求品質としては粒度が重要視されるが、製造後の品質確認として 15 分に 1 回の頻度で「画像粒度法」による粒度確認を実施した（図-5）。これにより、従来にならぬ高頻度の粒度監視を行い、品質管理の合理化を行うことができた。

当技術は台形 CSG ダムの品質管理において実績があるものであるが、一般的には最大粒径の 30%程度までが評価の限界である。しかし大分川ダムでは新たな試みとして、ふるい分けした材料の画像を 2 段階撮影することで、幅広い粒径での粒度分布を把握でき、その評価の精度を向上させた。

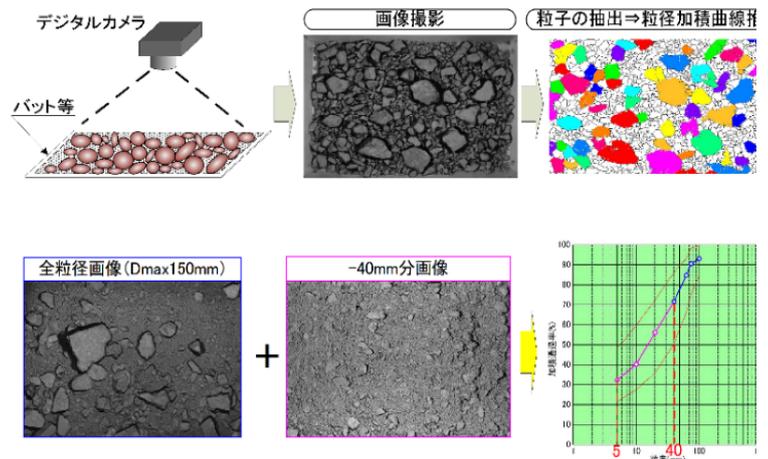


図-5 粒度管理 画像解析イメージ図

### 3) 埋設計器リアルタイム管理

埋設計器はダム堤体盛立中から試験湛水-維持管理にいたるまで、フィルダムにおいては非常に重要な設備であり、その計測データは可能な限り遅滞なく監視できる体制が望ましい。しかし、従来は SD カード等で現地データ回収後、データ整理が必要であったため、盛土の異常な挙動や計器の故障・施工中の断線、停電等によるデータの未取得等のトラブル発見まで時間を要することもあった。

大分川ダムではそれらに対処するために、施工中における埋設計器の情報をインターネット上に表示し、リアルタイムに確認できるシステムを構築した（図-6,7）。

また、乾電池で駆動するロガーおよび中継対応特定省電力無線機との組み合わせにより事務所における、盛立中の埋設計器自動観測システムを構築することで、従来困難であったリアルタイムの監視を可能にした。

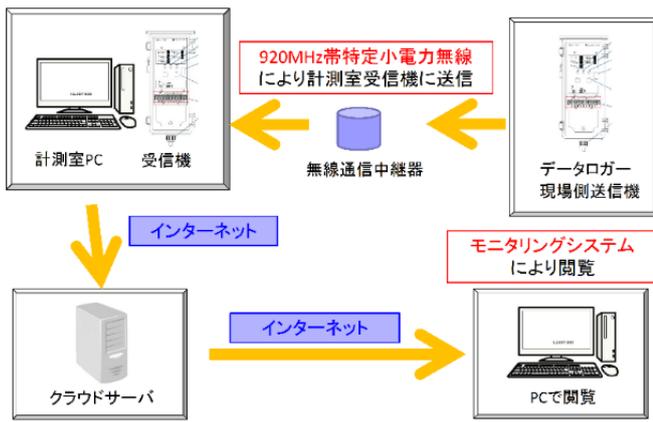


図-6 粒度管理 画像解析イメージ図

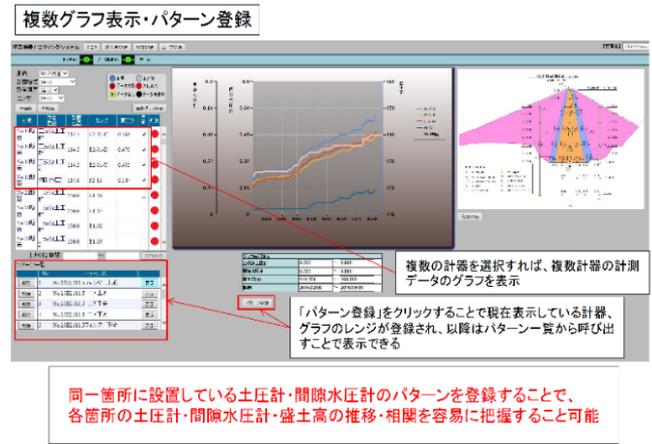


図-7 計測データ画面

#### 4) ドローンの利用による新たな取組み

ドローンによる写真測量に加え、基礎掘削完了時には岩盤面の写真撮影を行い、オルソ画像を得ている。オルソ画像と地質技術者の作成する地質スケッチ図とを重ね合わせることで、断層・弱層・亀裂の位置等を正確に記録することが可能となった。これにより、基礎処理施工時（ブランケットグラウチング）に岩盤の亀裂に対する改良効果の比較が可能となった（図-8）。

ドローンにレーザー測量機器を搭載することで、空中からのレーザー測量を実現している。ドローンレーザー測量は樹木等が存在する場合でも地山測量が可能であり、ドローン写真測量に比べ測量時間が短く、精度も向上している。今後は、ドローン写真測量とレーザー測量それぞれの優位性を活かし、両手法を使い分け、工期・コスト面で最適化を図る。

平面オルソ画像と地質マップ+改良マップを重ねることにより基礎岩盤状態に対する改良効果が視覚的にわかる。

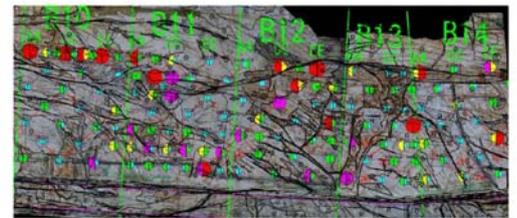


図-8 オルソ画像重ね合わせ図

#### 2.6 施工～維持管理段階

CIM を構築する上で、施工段階までの情報を竣工後に維持管理段階へ引継ぐことは重要なことであり、それを可能とするカルテシステムを構築した。

カルテシステムとは、日々の施工管理記録、打設・盛立情報、気象情報、品質管理記録等の施工箇所別データを EXCEL とリンクさせたデータフォルダに収めたもので、日々の品質データのグラフを確認できるとともに、EXCEL 内に整理された各種データを随時参照することができる。施工中より様々なデータを整理・蓄積することにより、竣工後は維持管理に有効なデータとして発注者へ引き渡すことが可能となった（図-9）。

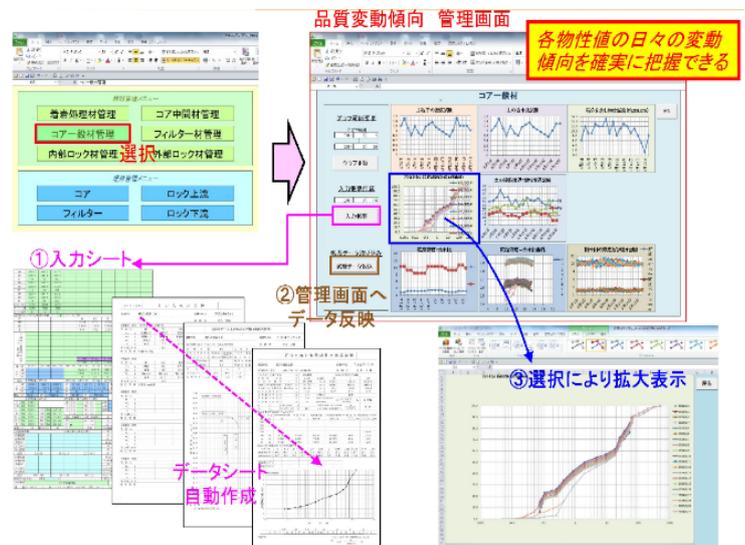


図-9 カルテシステム概要図

### 3. 重機の自動化—A<sup>4</sup>CSEL（クワッドアクセル）

クワッドアクセルは汎用機械を使用し、人間が計画した作業に基づいて機械が無人で自律的に作業を行うことを目的に開発している「次世代の建設生産システム」である。

クワッドアクセルは従来のリモコン等による建設機械の遠隔操作とは異なり、人間はあらかじめ複数の建設機械に対し、タブレット端末で指示を出すだけである（図-10）。あとは機械が自動的・自律的に運転・施工を行うもので、建設業の課題である将来の熟練労働者の減少や作業員不足への対応、土木工事全般の生産性並びに安全性の向上に大きく貢献するものである。



図-10 A<sup>4</sup>CSEL 適用イメージ図

2015年には、福岡県で施工を行った五ヶ山ダムにおいて、振動ローラとブルドーザの自動化を実現したが、大分川ダムでは自動ダンプトラックの導入試験を行い、ダンプトラックの「運搬」と「荷下ろし作業」の自動化を確認した。詳細は別報文に記載している<sup>1)</sup>。

### 4. 型枠の自動化

#### 1) 自動スライド型枠のコンセプト

ダムなどの大型構造物を施工する際、コンクリート打設作業においては型枠をスライドさせて建て込む作業が必要であり、飛来落下・墜落転落災害のリスクや、クレーン作業とダンプトラックによるコンクリート運搬が錯綜するなど、安全面において課題があった。また、とび工や溶接工など特殊技能作業員の確保も必須である。そこで、これらの課題を解決するため、クレーンを使用せずに油圧により自動で型枠をスライドさせる技術の開発に着手し、現場に適用した（図-11）。

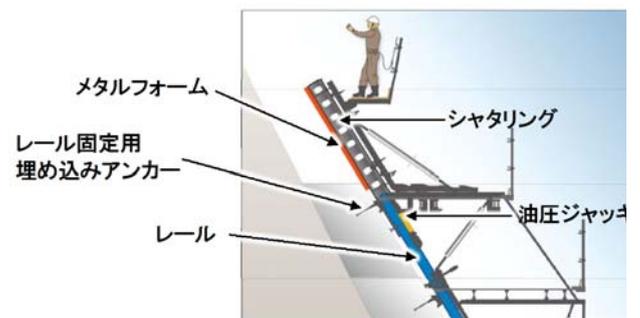


図-11 自動スライド枠詳細図

#### 2) 自動スライド型枠の手順

自動スライドの手順を以下に示す（図-12）。

- ①コンクリート打設完了、養生後、後方にスライドし脱型する
- ②レール固定金具設置
- ③レールを次リフトにジャッキアップし、固定金具部までスライドさせる
- ④型枠をレールに沿わせてスライドさせる
- ⑤型枠を前方に倒しセットする
- ⑥コンクリート打設

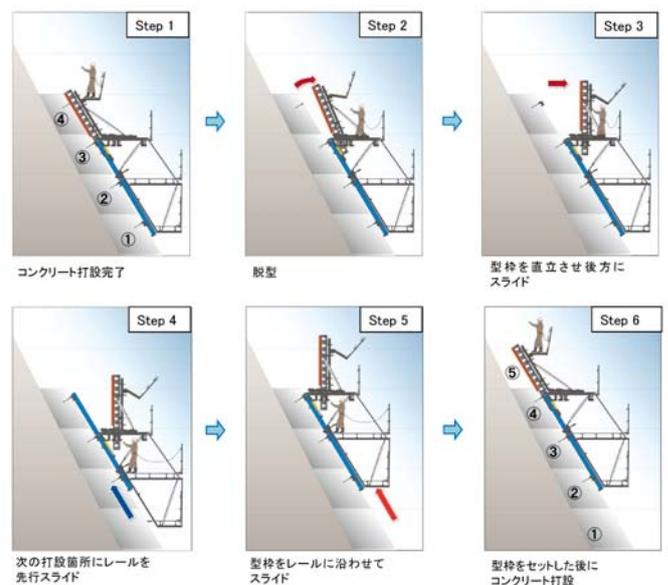


図-12 スライド手順

### 3) 今後の展開

今回は幅 15m, 高さ 2mの枠で施工を実施した(写真-2)。今後は、コンクリート打設において、3ブロック(幅 45m)高さ 4m枠の型枠スライド作業で、全く人力を必要としない全自動化を目指していく予定である。

また、この型枠機構の他現場への転用なども視野に、コスト削減を追求しつつ、大型コンクリート構造物への幅広い普及展開を図っていく方針である。



写真-2 自動スライド枠設置状況

### 5. まとめ

大分川ダムでは 19 以上の項目で、ICT による「飛躍的な生産性の向上」と「管理(特に品質管理)の合理化」を図り成果を挙げている(図-13)。



図-13 各段階で実施した項目

今回挙げている事例の効果は各々単体でも大きなものであるが、複数の技術を有機的に連動していけば、より大きな効果を発揮できると考えている。今後は、他の産業分野の新技术についても積極的に建設現場に取り込みつつ、様々な技術を統合的に連動させて建設現場全体のさらなる生産性向上を目指していきたい。また、CIMの仕組みを構築することにより、発注者の管理・検査業務の効率化も達成できると考えられる。

建設業では今後ますます高齢化が進み、それに携わる人材が不足することが懸念されている。そのような中、CIM・ICTを活用し、自動化を軸に生産性を向上させることで、作業環境の改善が行われれば、若い人たちの関心が高まるものと考えられる。再び、建設業が魅力のある分野になっていく事を期待したい。

### 参考文献

- 1) 田島大輔ほか：ダム工事におけるダンプトラックによる土砂運搬・荷卸し作業の自動化，土木学会第72回年次学術講演会，第VI部門，pp.1403-1404，2017.09