

松川ダムにおけるICT施工の 生産性調査について

小根澤 英之

元 長野県 飯田建設事務所 松川ダム管理事務所（〒395-0000 長野県飯田市上飯田8181-27）

現 長野県 建設部 河川課（〒380-8570 長野県長野市大字南長野字幅下692-2）

国土交通省では、ICT施工の次なる段階として「ICT施工StageⅡ」を掲げ、『IoTやデジタルツイン等を活用し、建設現場のリアルタイムな工程改善，作業と監督検査の効率化を図り，抜本的な生産性向上を実現』するとして施工データ（見える化）の活用を図っていくことを目指している。松川ダムにおいても複数工区がまたがる令和6年度工事において施工履歴が取得可能なICT建機，施工土量の自動算出ソフトウェア，ダンプ運行管理システム，バケットスケールから得られるリアルタイムな施工データを活用し，現場の見える化を図り，「ICT施工StageⅡ」による施工管理の省力化及び効率化（約5時間/日の業務時間削減等）の効果を確認した。

キーワード ICT施工，ICT施工StageⅡ，見える化，新技術，担い手確保

1. 生産性調査の概要

(1) ICT施工StageⅡの概要

建設現場における建設機械の位置情報や稼働状況，施工履歴など様々な情報（施工データ）をリアルタイムに集約し活用することで，建設現場のデジタル化・見える化を進めるとともに，必要な資機材配置や作業工程などを見直すことで作業の効率化を図り，更なる省人化を目指す取組みである（図-1）。

(2) 生産性調査の目的

国土交通省では2024年（令和6年）3月に「データ活用による現場マネジメントに関する実施要領（案）」を策定し，工事の試行（モデル工事）を進めているところである。そうした中で地方公共団体の発注工事で地方の地元建設会社が受注する際にも同様の内容が実施可能なのか検証するとともに，生産性向上効果を評価することを目的として調査を実施した。今回の松川ダム生産性調査の実施に当たっては，国土交通省国土技術政策総合研究所や一般社団法人施工技術総合研究所などからも意見をいただいた（表-1）。

また，今回協力をいただいた元請け会社の中で実際に行われた省人化・効率化の取組みについても情報共有をいただいた。官民を超えた参加団体の中でICT施工StageⅡにおける省人化・効率化への効果やメリット，今後の課題について意見交換を行い今後の普及拡大への足掛かりとなることを目的とした。

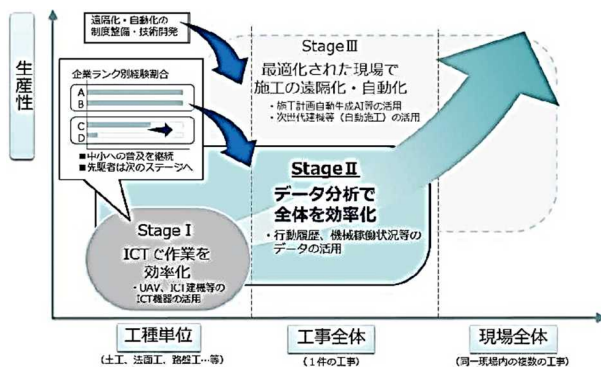


図-1 ICT 施工の変遷¹⁾

表-1 参加団体

参加団体名	主な役割
長野県飯田建設事務所松川ダム管理事務所	工事の監督
国土交通省 国土技術政策総合研究所	検証・評価の考察及びアドバイス
施工技術総合研究所	検証・評価の考察及びアドバイス
木下建設株式会社	施工及びICT機器の活用
神稲建設株式会社	施工及びICT機器の活用
株式会社三六組	施工及びICT機器の活用
株式会社トプコン	最新のICT機器の導入・サポート及び結果算出
パークス甲信越株式会社	ICT建機及びその他工事関連機器のレンタル

2. 工事概要

松川ダムは，長野県飯田市を流れる一級河川天竜川水系松川の天竜川との合流点から上流約9 km に位置する重力式コンクリートダムである。1975年（昭和50年）に

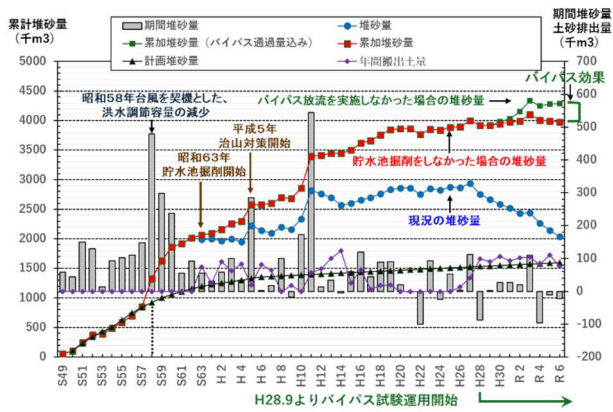


図-2 松川ダム堆砂推移



図-3 松川ダム工事概要

竣工し、治水機能だけでなく利水機能として水道用水及びかんがい用水、水力発電を持つ多目的ダムである。

松川ダムでは、1983年（昭和58年）の台風を契機に計画堆砂量を大きく上回るペースで堆砂が進行してきた。これまでに堆砂対策としてバイパス施設の整備等を行っており、2016年（平成28年）からバイパス施設の試験運用を開始し、流入する土砂の軽減が図られてきている。また、貯水池内に堆積した土砂の除去を継続的に行っており貯水容量の回復を図っている（図-2）。

本工事は、これまでの堆砂により減少している有効貯水容量の回復を目的として貯水池内に堆積した土砂を掘削し、除去する工事である（図-3）。掘削した土砂は貯水池内の上流部にある仮置き場まで運搬し、ばっき乾燥をした後に場外へ搬出を行う。令和6年度（2024年度）は同時に3件の工事が稼働する状況であり、それぞれの現場で新技術などを用いた施工見える化を実施した。

3. 使用したシステム

(1) 土砂掘削の管理

a) 施工履歴データ

ICT建機から出力される刃先の座標履歴データであり、施工時の最下点のデータを随時取得する。取得した座標履歴データから掘削深等を把握し、3次元設計データと比較することで、施工の進捗確認を行える。



写真-1 見える化プラットフォーム画面（1）

全体進捗	
【全期間】 2024-11-29-2025-08-25 進捗遅れ11日	【切土】 土量実績(m³)/土量予定(m³) 7,128.7/10,131.6 進捗 70.4%
【標準規制工】 2024-11-29-2025-08-25 進捗遅れ11日	【切土】 土量実績(m³)/土量予定(m³) 7,128.7/10,131.6 進捗 70.4%

写真-2 見える化プラットフォーム画面（2）

b) スターリンク

多数の小型衛星を使った高速・低遅延の衛星インターネットサービスである。貯水池の上流端に当たる3区区施工箇所はキャリア圏外でインターネットに繋がらないため施工履歴データをクラウド上で取得するために使用した。また、施工現場においてインターネット環境に繋がること現場事務所やバックオフィス等との連絡が円滑になる。

c) 見える化プラットフォーム

クラウド上に取得した施工履歴データをリアルタイム表示し、進捗状況も見える化する。3次元設計データと施工履歴データの点群情報を基に自動で土量計算を行い施工済み土量と工事の進捗率も表示する（写真-1、2）。また、国土交通省の出来形管理要領に準拠した帳票の生成も行える。インターネット上に表示されるため、現場事務所やバックオフィス等においても現場施工状況の把握が可能である。なお、今回のシステムは発売前であり試験現場として本工事を提供する代わりに特別に使用させていただいた。

(2) 土砂積込の管理

a) バケットスケール

バケットに積んだ物体の重量の計測・記録を行うシステムである。1回あたりの積込み量を操縦席に搭載するモニターにリアルタイムで表示する。事前に車両ごとの積載可能重量を登録しておくことで、車両ごとに積載量の管理を積込み時に行うことが可能である。過積載防止だけでなく、過小積載対策にもなり積込み作業の生産性向上に寄与する。



写真-3 車両運行管理システム画面

(3) 土砂運搬の管理

a) 車両運行管理システム

位置情報を基に「どの車両が、どこで、何をしているか」をリアルタイム管理を行うシステムである。時間の記録も行われるため、実際の運搬時間や仮置き場内での待ち時間、積込み・積卸しにかかる時間等が容易に把握可能である。また、走行中の車両が運搬ルート以外を走行したり、制限速度を超過していることも確認できるため安全運転に寄与するとともに苦情に対する確認にも活用できる（写真-3）。

4. データの精度確認

(1) 土量の比較

今回使用したシステムを用いて土量管理が適切に行えるのかを確認するため、複数手法による土量算出結果を比較した。土砂仮置き場において、場外搬出する土量に対し地上型レーザースキャナにより算出した土量を真値とし、①バケットスケール重量による計算値、②車両運行管理履歴による計算値、③ICT建機の施工履歴データによる自動土量計算による比較とした。また、比較を行うにあたり仮置き土の単位体積重量の計測を毎日実施した。

具体的な計算方法として、①はバケットスケールにより計測される重量と日々測定している単位体積重量から土量を算出する。②はダンプごとの最大積載可能重量と荷台寸法から得られる積載体積、事前に測定した標準単位体積重量を用いて積込可能体積を算出し、車両運行管理システムによる走行回数から土量を算出する。③については、システム上で自動計算される数値をそのまま使用した。

(2) 精度確認結果

毎日測定をしていた単位体積重量を図-4、各土量計算結果を図-5・表-2に示す。

単位体積重量については、1.4～1.6 t/m³ 程度を推移

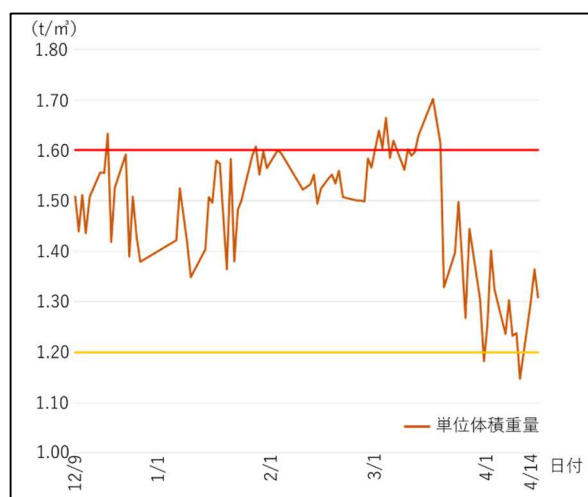


図-4 単位体積重量測定記録

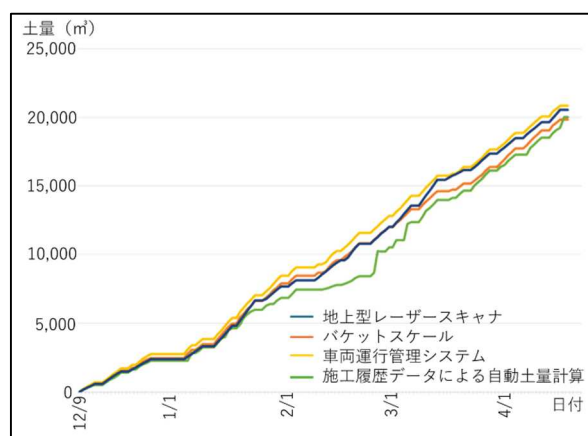


図-5 累計土量グラフ

測定方法	算出土量 (m³)	誤差 (%)
地上型レーザースキャナ	20,529.6	基準数量
バケットスケール	19,837.1	3.4
車両運行管理システム	20,851.5	-1.6
ICT建機の施工履歴データによる自動土量計算	20,032.9	2.4

表-2 土量算出結果の比較

する期間が長く、工事終盤には1.2～1.4 t/m³ 程度を推移するよう変化した。また、今回測定した工区とは別工区においても単位体積重量を測定したが異なる値となり、土質が場所によって違っている状態であることが確認された。

各測定方法を基にした土量算出の結果は、地上型レーザースキャナを基準に±3.4%に収束しており、現場作業のための土砂管理には十分な精度であると確認した。バケットスケールによる算出には毎日の単位体積重量を測定した結果を反映させたことで精度が高くなっていると考えられる。しかし、今回のような毎日の単位体積重量の測定が逆に手間になってしまう懸念がある。また、車両運行管理システムについては事前測定した標準単位

表-3 各測定方法の特徴

測定方法	メリット	課題
・バケットスケール ・車両運行管理システム	・すぐに使用できる	・換算係数の取り方 (測定頻度・箇所数等)
・ICT建機の施工履歴 データによる 自動土量計算	・手間がかからない ・単位換算の必要が ない	・3次元設計データがないと使えない ・最下点データしか取れない ・不具合の発生

体積重量を使用しているため日々の単位体積重量の変動を考慮すると偶然近い値で収まった可能性が考えられる。自動土量計算については施工途中にシステムの不具合により施工履歴データを取得できなかった期間も存在しており、後に解消されたが現場で発生する不具合については起こらないように更なる技術向上が必要となる。

(3) まとめ

バケットスケールや車両運行管理システムは、導入後すぐに効果を発現する。一方で、重量から体積へ換算する必要があるため単位体積重量の変動が大きい現場では試験頻度や測定箇所を適切に検討する必要がある。

ICT建機の施工履歴データによる自動土量計算は、システムにより算出される数字をそのまま使用できるため手間がかからない。また、体積変化を直接把握できるため単位換算も不要である。一方で、3次元設計データが必要なため、着手までに時間を要する。また、最下点データのみを取得する仕様上、一度掘削した箇所にもう一度土砂が入ってきた場合はその分の掘削がカウントされず、カウントするためには3次元設計データを作り直す必要が生じる。例えば掘削完了後に災害により土砂が流入した場合や土場を複数の工事で共用するため自社の思い通りに掘削箇所の形をコントロールできない場合の使用には課題が残る。

現状としては、各測定方法にはそれぞれのメリットと課題があるため、それらをしっかりと把握したうえで現場状況によって使い分けることが必要である（表-3）。

5. その他の取組み

(1) 建設ディレクターの活用

建設ディレクターとは、ITとコミュニケーションを通じて現場とオフィスをつなぐ新しい職域である。定期的なレーザースキャナやドローンによる土量測定、点群作成（スクリーニング・レジストレーション土量計算）、データの管理（施工データの確認）等を建設ディレクターが行うことで現場技術者の負担を軽減するとともに現場の施工状況をバックオフィスとの共有が図れる。今回導入した会社においては、導入して間もないため具体的な生産性の向上への影響評価については今後の検証となる。また、今回の現場において業務に当たった建設ディ

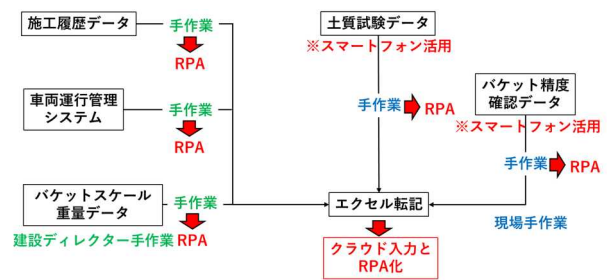


図-6 手入力作業のRPA化模式図

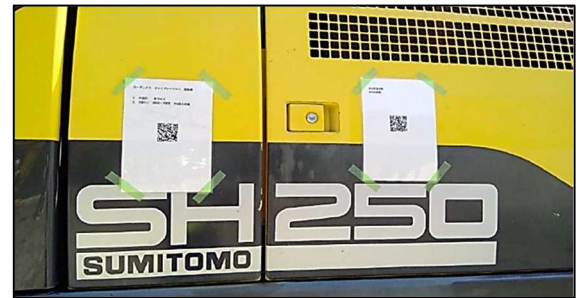


写真-4 重機に貼付けたQRコード

R6松川ダムICTバケットスケール（神稲建設）

事前に以下の点を確認すること
1. 水涵計がゲージの半分以上に達していること
2. 計7回実施し、3回目から7回目を記入すること（はじめの2回はばらつくとで乗算する）

* 必須

1. 1回目の値 *

値は数値にする必要があります

2. 2回目の値 *

値は数値にする必要があります

3. 3回目の値 *

値は数値にする必要があります

写真-5 Microsoft Forms 入力画面

レクターは元々は社内でも事務職として働いていた人や、入社したての女性職員だった。

(2) RPA（Robotic Process Automation）による情報取得

RPAとは、ソフトウェアロボットを使って人間がパソコンで行っていた定型的な作業を自動化する技術である。RPAを活用することで日々蓄積される施工データを自動で収集するシステムを構築した（図-6）。今回の現場において取得した施工履歴データ、車両運行管理システム、バケットスケール重量データはそれぞれ別々のシステムのため個別にデータが保存される。そのため、個別に保存されたデータをそれぞれダウンロードし集約作業を行う必要がある。また、現場で日々確認する土質試験データやバケットの精度確認データも後から手作業で集約する必要があったが、これらをロボットが自動的に実施す

表-4 土砂運搬の省人化（試算）

項目	通信技術を利用しない場合 （従来法）	車両運行管理システム等の通信技術を利用した場合	さらに自動化技術を利用した場合	備考
搬出先の指示連絡	10.0	0.0	0.0	工事用車両15台を4往復/日 運行した場合を想定
点検簿・運行管理表配布	10.0	10.0	0.0	
積載量確認	45.0	0.0	0.0	
運行中の業務連絡	50.0	10.0	10.0	
点検簿・運行管理表の回収	45.0	0.0	0.0	
運行管理集計	60.0	5.0	0.0	
入力手直し手間	20.0	0.0	0.0	
各資料・データ仕分け	60.0	25.0	0.0	
会社への報告	10.0	0.0	0.0	
合計（分）	310.0	50.0	10.0	
合計（時間）	5.2	0.8	0.2	

るようになり作業手間の軽減につながった。今回RPAを実施した会社ではシステムを自社開発しており、その担当者は20代の若手職員であった。

(3) Microsoft Formsの活用

バケットの精度確認データについては、これまで現場で測定した数値を後から手入力する方法で行われていた。しかし、使用する重機にMicrosoft FormsのQRコードを貼付け、スマートフォンを使い確認した数値を入力することで自動的に登録処理まで行うことが可能となった（写真-4、5）。打刻時間は修正が効かないため正確な情報として残すことができる。入力された内容は即時に会社のデータベースへ反映され、建設ディレクターなどバックオフィスで随時確認ができる状態となり、作業の効率化につながる。また、Microsoft Formsは誰でも簡単に無料で活用できることもメリットとなる。

6. 生産性調査の結果

(1) 土砂掘削の管理

施工履歴データを用いた自動土量計算では、下請けに対する月次出来形測量（2人工/月）や社内工程会議にむけた測量（8人工/月）などが省力化された。また、日々の出来高進捗が高精度化されたことにより重機の段取り替えなどのコストが低下した。さらに、若年層や経験の浅い職員においても現場の進捗状況が瞬時に理解できるようになった。

(2) 土砂運搬の管理

車両の走行位置をリアルタイムに確認することで、重機オペレーターが隙間時間に別作業を行うことが可能となった。また、ダンプの運搬サイクルタイム履歴から適切な離合措置を取ることも可能となった。

土砂運搬において、従来のやり方と車両運行管理システム等を使用した場合、更に追加の取組み事例も取り入れた場合について省人化・効率化がどの程度の効果を得られるのか試算を行った（表-4）。施工現場における作

業の量・時間ともに大きく減少し、最大で約5時間/日の労働時間の削減が見込まれる結果となった。従来手法と比較して大幅な作業時間削減が確認され、通信技術及び自動化技術の有効性が明確となった。

(3) まとめ

本工事においては施工データの統合活用により以下のような効果を確認した。

- ・測量業務の削減：約10人工/月
- ・運搬効率の向上（待機時間の削減）
- ・土砂運搬の管理業務の削減：約5時間/日

これにより、ICT施工StageⅡの実導入効果を定量的に確認した。

本現場のような地方公共団体の発注する現場においてもICT施工StageⅡの取組みにより効率化や省人化の効果が得られることを実証した。ただし、新しい機械やシステムをただ使用するだけでなく、それを更に効果的に活用するための取組みを考えて実施していくことが重要となる。

今回はダムの貯水池内の現場であったが土工主体の建設工事においては他の現場においても十分に適用可能であると考えられる。また、施工業者においては今回の現場経験を基に構造物築造工事においてもICT施工StageⅡの取組みを引続き行っている。

特に、複数の施工データを統合してリアルタイムに活用する点において、今回の取組みはICT施工StageⅡの実現手法の一例を示したものである。

7. ICT施工StageⅡに取組むメリット

(1) ペーパーレス化の促進

情報化されたデータを多く用いることでペーパーレス化が進み、転記ミスや手書きの文字が読めないなどヒューマンエラーが削減される。また、紙資料を探す手間などを省き業務効率が向上し、紛失・改ざんなどのリスクが減り、安全性の向上も見込まれる。将来的には施工現場においても紙資料が不要になることが期待できる。

(2) 幅広い分野の人が活躍できる

データの収集、管理、解析においては、これまでの土木技術者だけではなく機械・システムに詳しい技術者や建設ディレクターのような元々は事務職をしていた人、新規の女性職員など幅広い職種の人が現場施工に貢献できる環境が期待できる。また、特に若手の人材には新しいチャレンジがしやすい状況であり、昨今の担い手不足が叫ばれている建設業において新たな分野に専門性を持

つ人が活躍できる場を創出することが期待できる。

(3) コミュニケーションの質の向上

施工現場の見える化を行うことでコミュニケーションの質を向上することも期待される。見える化された情報を基にした共通認識を形成することで、これまで以上に多くの工事関係者とより詳細で具体的な内容について協議・調整などを行うことが可能となる。例えば、施工現場における待ち時間の削減、隙間時間の有効活用や工程調整、人員配置の最適化などがよりスムーズに意思決定を行っただうえで実行できることが期待される。また、発注者においても昨今は現場に出かける時間を確保するのが難しくなっているため、現場監督業務を行うために現場の状況を適切に把握することが容易になることが期待される。

8. 今後の課題

(1) 受注者

受注者においては、現場の状況に合わせ適切なシステムを導入し、それによって得られるデータ処理を適切に行うことが必要となる。

システムの使用料金等はまだまだ高額であり自社保有するのも難しいため、施工が長期化すると高上りになることが想定される。「5. その他の取組み」で紹介したような施工の効率化を図る取組みを行い続けていく必要がある。

(2) メーカー

メーカーにおいては、現場での使用がより快適になるように改良を図ることが必要となる。

施工途中の不具合への対応やそもそも不具合が起こらないようにすることが重要である。また、必要なデータを一元管理できるようなプラットフォームがあるとより多くの現場での利用がしやすくなる。特に中小企業においては、より使いやすい状況でデータが手元に届かないと活用しきれない。

(3) 発注者

発注者においては、発注時点での工事内容の詳細度を上げることが必要となる。

当初設計が現場と乖離していたり追加施工指示事項などにより施工条件が変更されると必要な3次元設計データや機械の確保が難しくなる。また、施工途中に発注者起因で現場が止まってしまった場合でも受注者はリース料金を払う必要がある。

(4) 共通

共通の課題として、新しいやり方やシステムに対する理解を深め、浸透させていく必要がある。

最新のシステムに誰もがなじめるわけではないので、日常化された業務方法が反転することへの壁はまだ存在している。新しい技術は、導入後すぐに仕事が減る・楽になるという効果を実感できなければ普及しにくいと考えられる。そのため、現場内で効果が実感しやすくなる仕組みづくりが重要である。

9. 終わりに

今回の松川ダム生産性調査を行うにあたり、参加団体をはじめとするとご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

新しい取組みに挑戦し、できることの選択肢を増やすとともにより多くの現場で実践できるよう水平展開を進めていく必要性を感じた。ICT施工Stage Iの内容は近年急速に広まり今や当たり前のように実施されている。ICT施工Stage IIについてもこれからの数年で急速に伸びていくものと考えられる。その際に今回の取組みが参考となれば幸いである。

参考文献

1) 国土交通省：ICT導入協議会第16回 会議資料