二級河川でのICTを活用した河川浚渫工実施事例

長谷川 翔大（株式会社フジヤマ）

1. はじめに

国土交通省は、建設現場の生産性向上を目的として、情報通信技術（以下、ICT）を活用する取組み「i-Construction」を推進しており、「土工」から始まり「舗装工」、「浚渫工」へとICT施工の工種が拡大してきている。今後、ICT施工が可能な工種は、ますます適用が拡大していくものと推測される。

静岡県では、ICT施工の積極的な導入を推進しており、管理する中小河川の河川工事において、ICT施工による生産性向上が求められている。

本稿では、二級河川太田川の河川維持修繕工事でICTを活用した実施事例を報告する。

2. 工事概要

工事箇所は、二級河川太田川（河川延長44km、流域面積474km²）上流の静岡県周智郡森町（図2.1）に位置し、川幅約100m、現況水面幅10～30mである。工事内容は、護岸に接している澪筋（図2.2）を河川中央部に移動させ、洪水等の河床洗掘による護岸の被災を防止することを目的とする河床整正工（施工延長約800m、施工範囲約2.0ha）である。（図2.3）

図2.1　工事位置図

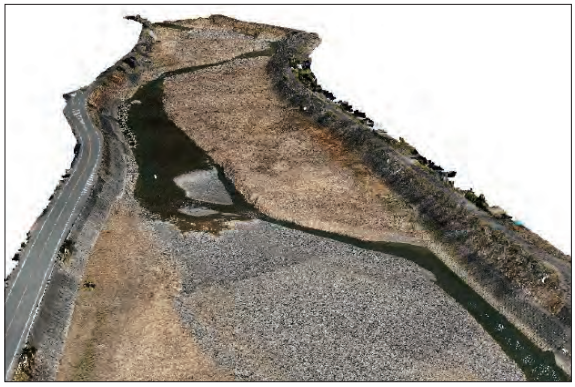

図2.2　施工前状況

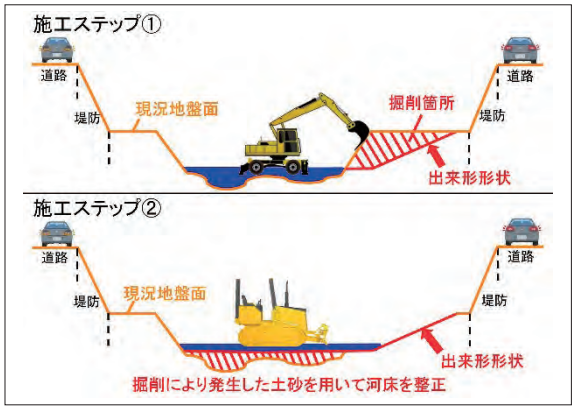

図2.3　施工イメージ

以下に起工測量、設計、施工、出来形管理の4つのステップ毎に実施した内容を記載する。

3. 起工測量

起工測量は、UAVによる空中写真測量により実施した。撮影は『UAV Matrice600Pro（DJI社）』に『デジタルカメラ Sony α7RⅡ（ソニーマーケティング社）』を搭載したシステム（図3.1）にて行った。

今回の工事は、詳細な施工箇所が決定していなかったため、施工する可能性がある範囲（延長1.5km・面積20ha）の撮影を実施した（図3.2）。

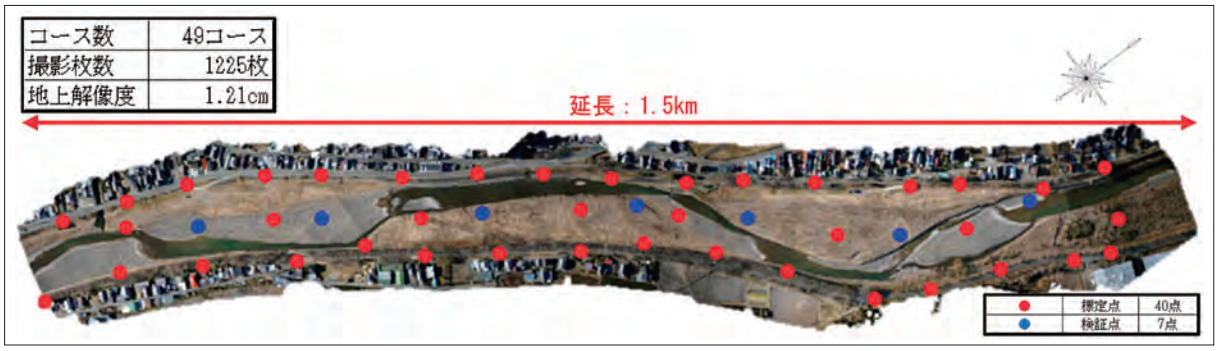

図3.2　撮影範囲図

図3.1　Matrice600Pro

表3.1　精度検証結果

検証点との座標較差			
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
CHP1	0.007	−0.014	0.024
CHP2	0.013	−0.030	0.011
CHP3	−0.027	−0.027	0.013
CHP4	0.007	−0.007	0.010
CHP5	0.011	0.015	−0.005
CHP6	−0.008	0.014	0.055
CHP7	−0.013	−0.018	0.068
平均値	−0.001	−0.010	0.025
最小値	0.007	−0.007	0.010
最大値	−0.027	−0.030	0.068
標準偏差	0.014	0.019	0.035
RMS誤差	0.014	0.022	0.043

『空中写真測量（無人航空機）用いた出来形管理要領（土工編）（案）』の起工測量の基準を満たすように撮影計画及び標定点・検証点の設置を行ない、自動航行により撮影した。

撮影後、写真測量ソフトウェアを使用してオルソ画像データ及び3次元点群データを作成した。また、検証点を用いて精度検証を実施し、

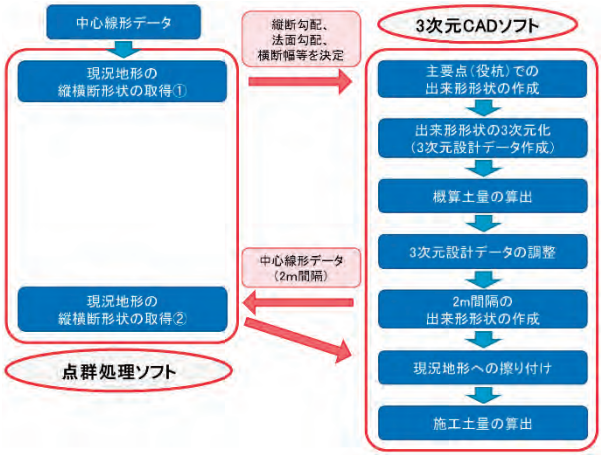

図4.1　3次元設計データ作成作業フロー

必要な精度内（±10cm以内）であることを確認した（表3.1）。

4. 設計

設計は、3次元の設計データを作成した。作成手順を以下に記載する。また、3次元設計データ作成の作業フローを（図4.1）に示す。

(1) 設計条件の決定

起工測量により得られたオルソ画像データ、3次元点群データを基にして、計画掘削土量に合うよう中心線形、計画河床高等を発注者と協議を行い決定した。

(2) 主要点（役杭）での出来形形状の作成

3次元点群データから現況地形の縦横断形状を取得し、主要点での出来形形状を作成した（図4.2）。

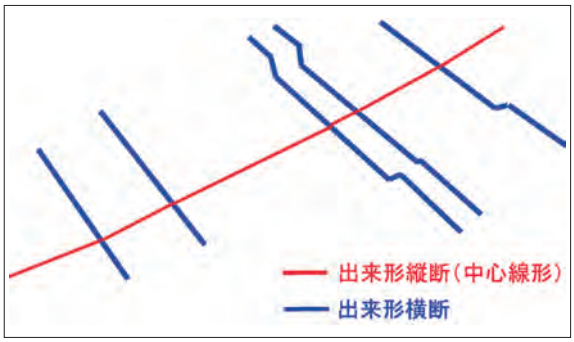

図4.2　主要点での出来形形状作成イメージ

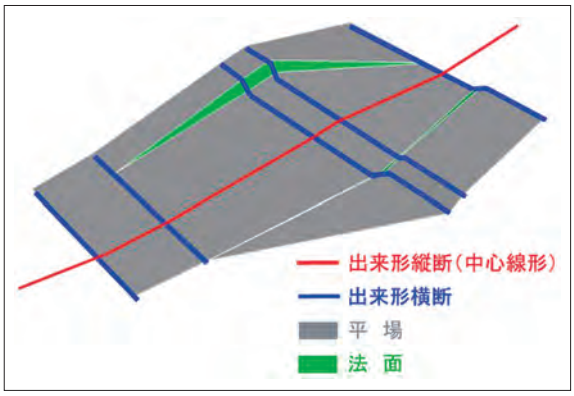

図4.3　出来形形状の3次元化イメージ

(3) 出来形形状の3次元化

主要点での出来形形状を繋ぎ合わせ、3次元設計データ（仮）を作成した（図4.3）。

(4) 概算土量の算出

3次元点群データと3次元設計データ（仮）を重畳させ、概算土量を算出した。

(5) 3次元設計データの調整

概算土量が計画数量に合うよう、3次元設計データの調整（横断幅等）を行った。また調整後、概算土量の算出を実施し、概算土量が計画数量に合うまで（4）、（5）の作業を繰り返し行った。

(6) 2m間隔の出来形横断形状の作成

ICT建機が自動制御しながら施工するためには、3次元設計データを細かく作成する必要があることから（5）で調整した3次元設計データから、2m間隔の出来形横断形状を自動発生させた（図4.4）。

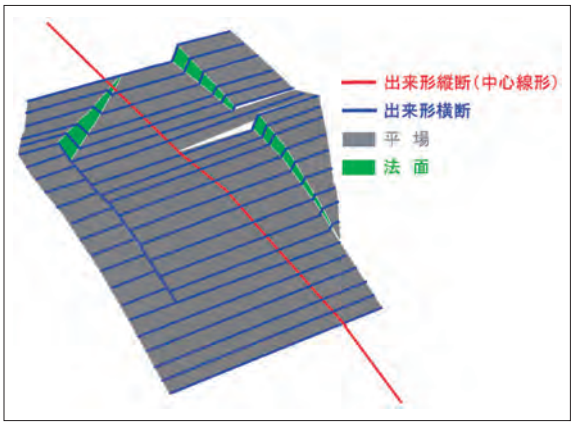

図4.4　2m間隔の出来形形状の作成イメージ

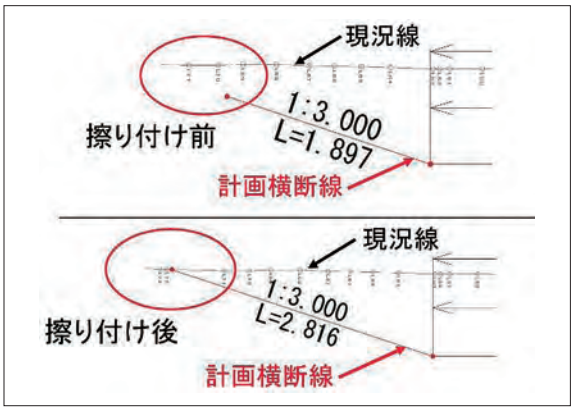

図4.5　現況地形への擦り付け作業

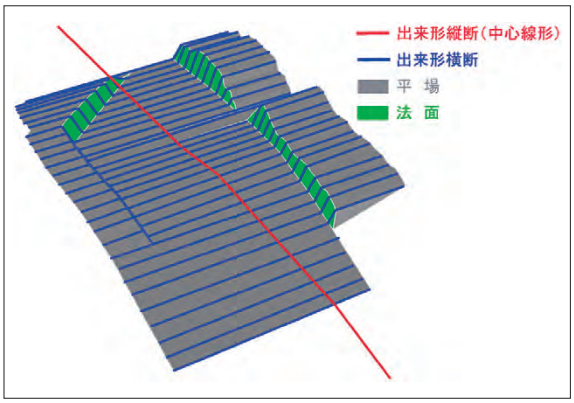

図4.6　最終の3次元設計データ

(7) 現況地形への擦り付け

自動発生させた2m間隔の出来形横断形状は、主要点の出来形横断形状を補間した形状であるため、現況地形への擦り付けがされていない。擦り付け作業を行なわないと、最終的に算出する土量計算に影響が出てしまうことから、現況地形への擦り付け作業を行った（図4.5）。

(8) 施工土量の算出

現況地形への擦り付け作業後に、施工土量の算出を行い最終の3次元設計データとした(図4.6)。

3次元点群データ及び点群処理ソフト・3次元CADソフトの使用により試算の繰り返し・設計データの調整を短時間で行なうことができ、容易に土量算出ができた。従来の縦横断測量や平均断面法による土量算出と比較すると、算出する土量の精度向上、作業時間の短縮など得られた効果は大きい。

5. 施工

作成した3次元設計データをICT建機の3D-MCバックホウ、3D-MCブルドーザーに取り込み、施工を実施した。ICT建機には、GNSSアンテナ、各種センサ、制御システムが搭載されているため、バケットの刃先が設計面に達すると自動停止する深堀防止機能等の自動制御が可能となる。オペレータールームにはコントロールボックス(図5.1)が設置されており、設計面と建機の位置関係の把握も容易な仕組みである。

ICT建機の測位方式はRTK-GNSS方式で、施工精度は現行の出来形管理値(±50㎜)を満たすものである。

ICT建機を活用することで、丁張設置の手間が省けるとともに手元作業員が不要となり安全性及び効率性が向上する。また、施工がオペレーターの技量に左右されないことにより、施工の仕上がり精度が同一となる。

図5.1　ICT建機内コントロールボックス

6. 出来形管理

施工完了後に出来形測量を実施するにあたり、今回の工事では以下の問題点が判明した。

- 掘削・整正箇所は、施工直後から水が流入または湧き出すため、UAVやレーザスキャナ(LS)による計測が不可能である。
- 水深が10～30㎝程度のため、シングルビーム・ナローマルチビーム等による深浅測量は不可能である。
- グリーンレーザ計測は、費用面で採用が難しい。
- 施工完了後、時間が経過すると流水及び降雨による浸食等で出来形形状が変化してしまう。

上記の問題点を踏まえ、効率的に出来形管理を実施するために、ICT建機の施工履歴データを活用した出来形管理を実施した。

3D-MCバックホウは、バケットの刃先、3D-MCブルドーザーは、キャタピラ部分で施工しながら軌跡データを取得できる(図6.1)ことより施工しながら出来形データを取得できる。このことより、施工完了直後の出来形データの取得及びコストの削減が可能となった。

なお、施工履歴データの精度検証は以下により、施工前に実施した。

(1) 精度検証方法

施工履歴データの検証は、図6.2のとおり5m×5m程度の平場をICT建機で整形し施工履歴データを取得後、トータルステーション(TS)及びレベルによる1m×1mメッシュの実測を行い比較・検証した(図6.3)。

図6.1　施工履歴データ取得箇所

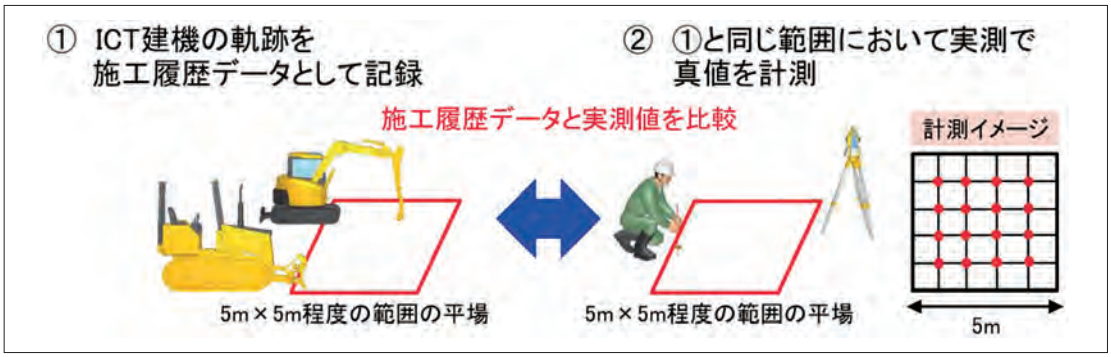

図6.2　施工履歴データ精度検証方法

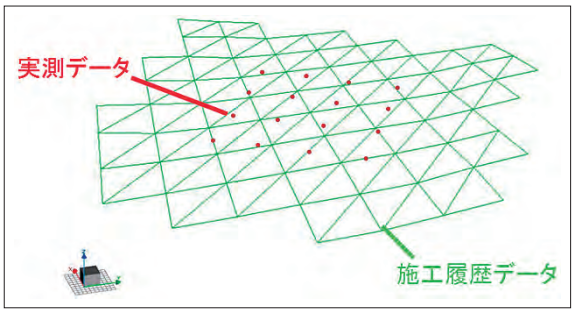

図6.3　施工履歴データ精度検証方法概念図

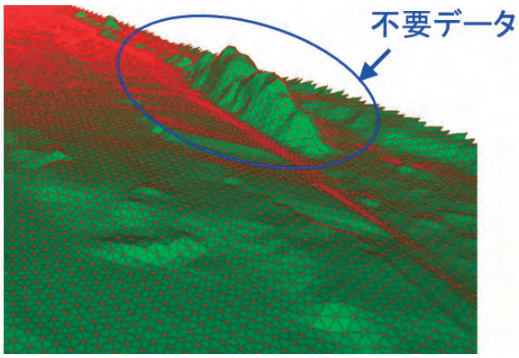

図6.4　3D-MCバックホウの施工履歴データ

表6.1　施工履歴データ精度検証結果

	実測値	施工履歴データ	標高差
測点名	H (m)	H´ (m)	ΔH (m)
1	44.752	44.692	−0.060
2	44.770	44.694	−0.076
3	44.756	44.687	−0.069
4	44.718	44.678	−0.040
5	44.741	44.699	−0.042
6	44.736	44.695	−0.041
7	44.739	44.677	−0.062
8	44.724	44.648	−0.076
9	44.712	44.667	−0.045
10	44.751	44.731	−0.020
11	44.721	44.663	−0.058
12	44.722	44.661	−0.061
13	44.717	44.676	−0.041
14	44.733	44.711	−0.023
15	44.712	44.662	−0.050
16	44.727	44.702	−0.025

図6.5　3D-MCバックホウの施工履歴データ取得イメージ

(2) 精度検証結果

検証結果を（表6.1）に示す。施工当時は施工履歴データに関する出来形管理要領が策定されていなかったことから、較差の許容値について発注者及び施工者と協議を行った。河川土工の平場における出来形許容値が±150㎜であることから、より精度を厳しく設定し施工履歴データと実測データとの許容精度を±100㎜とした。結果、施工履歴データと実測値の標高較差の最大値は−76㎜、最小値は−20㎜であり、精度検証により、ICT建機の施工履歴データは、許容誤差±100㎜に収まることが確認できた。

(3) 課題

精度検証後、施工履歴データを活用して出来形管理を実施したが、以下の課題が生じた。

①3D-MCバックホウの不要データの取得

3D-MCバックホウはバケットの上げ下げの軌跡も施工履歴として記録してしまうため、日々の施工履歴データには出来形に関係ない不要なデータが取得されていた（図6.4、図6.5）。

日々の施工進捗の把握には支障はないが、最終的な出来形管理の際は不要データを削除するため、欠測部が生じる。

②時間経過による出来形形状の変化

施工履歴データの欠測部は、時間が経過すると欠測扱いのまま浸食等により出来形形状が変化する。

(4) 対応

これらの課題に対し協議を行い、以下のように対応を図った。

①施工範囲の区間分け

区間を分けて施工を実施することで、施工完了後からタイムラグを極力なくし、出来形管理を実施した（図6.6）。

②最終整形時の施工履歴データの使用

3D-MCブルドーザーの最終整形作業時に取得する施工履歴データのみを出来形管理に使用した。これにより、河床整正箇所は設計値に近い施工履歴データが取得でき、且つ不要データを取得せずに済み、効率的に出来形管理を実施できた。

以上の対応より、今回の工事においては施工履歴データを出来形計測データとし、設計データと比較したヒートマップ（出来形管理図）を作成した（図6.7）。なお、今回の工事は平場のみの管理とした。規格値は設計値に対して個々の計測値が±300㎜、平均値は+0㎜であった。図6.7のとおり、色のばらつき具合は規格値比±20%以内を示す緑色が多く、良好な結果であった。

また、施工履歴データを活用して出来形管理を行うことで、作業効率は飛躍的に向上することとなった。

図6.6　施工範囲の区間分け

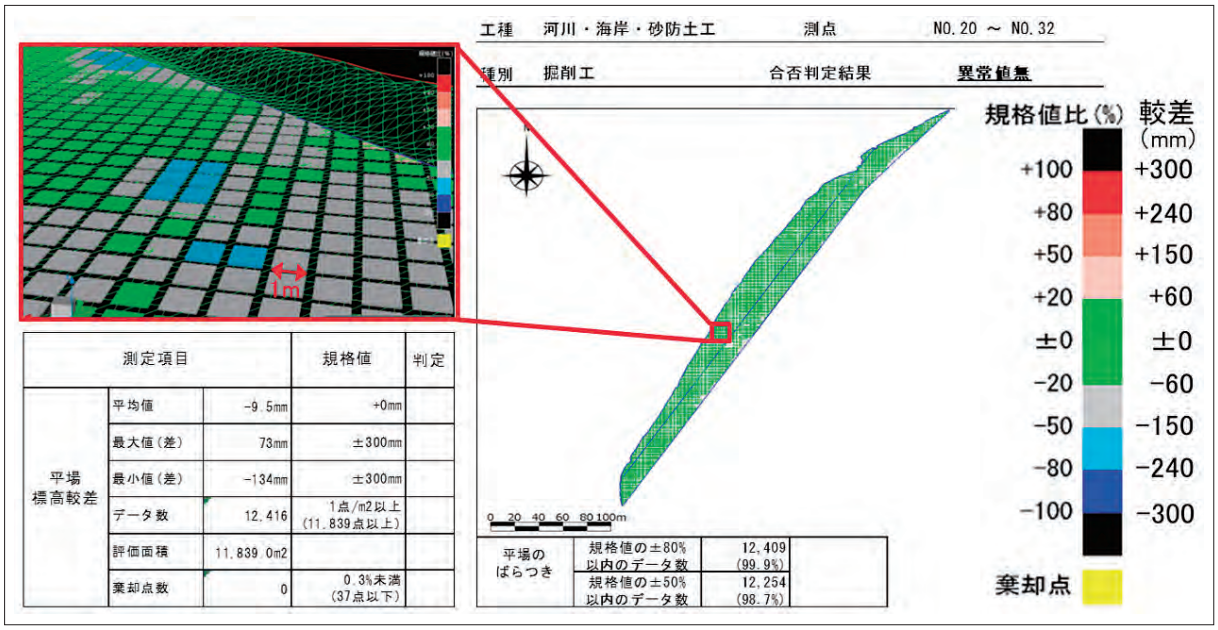

図6.7　ヒートマップ

7. まとめ

今回の工事は、中小河川の河床整正工へのICT技術活用の導入であった。以下に今後の展望を整理した。

(1) 今後の展望

今回の工事は、ICTを全面的に活用する方針で工事を実施したため、縦横断面図の図面出力など紙媒体の資料は、極力作成しないこととした。設計時確認は、3次元ソフト上で現況データと設計データを重ねて出来形の確認を行なったが、縦断図、横断図等の図面出力がないため発注者の確認に時間を要することとなった。今後は、3次元データを簡単に且つ分かりやすく視覚化する手法の検討が必要と考える。

なお、工事は平成30年2月に完了となったが、平成30年3月に静岡県から河川土工、砂防土工を対象とした「静岡県施工履歴データによる土工の出来形管理要領（案）（静岡県交通基盤部）」、国土交通省からは浚渫工を対象とした「施工履歴データを用いた出来形管理要領（河川浚渫工事編）（案）」が定められた。施工履歴データを用いることにより出来形管理は簡易化され、「i-Construction」の目的である生産性の向上が図られることになる。

このことから、今後は水深の浅い中小河川でも施工履歴データを活用した出来形管理がますます推進されていくことになると考える。

■謝辞

成果データの提供・使用についてご協力いただいた静岡県袋井土木事務所、工事関係者の方々に深く感謝の意を表します。

■執筆者

長谷川 翔大（はせがわ しょうた）
株式会社フジヤマ
空間情報部空間計測課
s-hasegawa@con-fujiyama.com