

施工データを活用した工事進捗マネジメントの現場導入効果の検証

高柳佐和子・森川博邦

1. はじめに

国土交通省では、建設現場の抜本的な生産性向上を図るi-Constructionの施策として、平成28年度から国土交通省発注工事のうち一定規模以上の土工事で施工プロセスの各段階においてICTを全面的に活用する「ICT活用工事」を実施している。

ICT活用工事では、ICT建設機械や3次元計測機器の導入により作業効率が向上する。しかし、工事全体の施工時間の削減に結びつかない事例等もあることから、ICTの導入による効果を最大限に発揮するためには、工事全体を見据えたICTの運用検討が必要である。

本稿では、施工データ（ICT建設機械の作業装置位置を示す3次元データの履歴（施工履歴データ）や3次元計測機器で取得した3次元座標データ等）を活用してICTの導入効果を向上させるマネジメント手法及び実現場での試行結果について報告する。具体的には、土量や作業サイクルを把握し、工事の進捗をマネジメントした事例及び計測作業に活用して現場立会を削減した事例について報告する。

2. 施工データを用いた工事進捗マネジメント手法の構築

土工（掘削、運搬、盛土）の進捗をリアルタイムに把握できる技術には、建設機械の施工履歴データの他にTLS（地上型レーザースキャナー）等の多点観測技術のような3次元データを用いるもの及びGNSS等による位置情報を用いた車両の運行管理等がある。これらを組み合わせて工事進捗をマネジメントする手法を検討し、手法案を作成した。手法案は以下のとおりである。

(1) 施工計画に関する手法案

施工手順を3次元化してシミュレーションし、最適な施工計画の立案を支援するもの。

(2) 工程計画に関する手法案

施工履歴データにより施工量の推移を把握し、工程調整の判断を迅速化するもの。

(3) 施工体制に関する手法案

施工履歴データにより建設機械の稼働状況を把握し、機械の組み合わせの見直しを行い、機械配置を最適化するもの（図-1）。

(4) 計測作業に関する手法案

3次元データを用いた計測により出来形、出来高計測作業を効率化するもの。

実現場での試行では、現場の状況に応じてこれらの手法案から有効な手法を選択し、試行調査を実施することとした。試行調査は、工事進捗や体制の変化を確認する長期調査、現場でのトラブル対応及び現場作業の詳細な内容や時間を確認する短期調査（現場立会による調査）を行うものとした。詳細は図-2のとおりである。

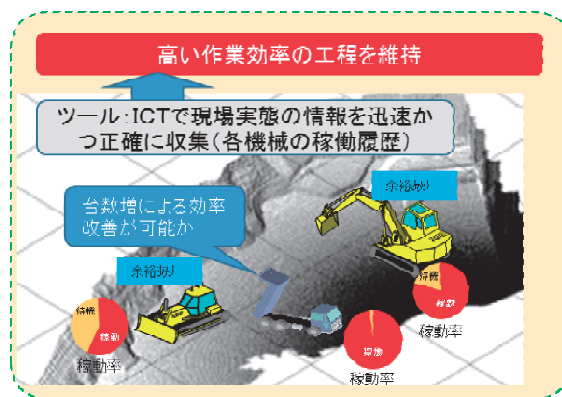


図-1 施工体制の見直し（手法案（3）の例）

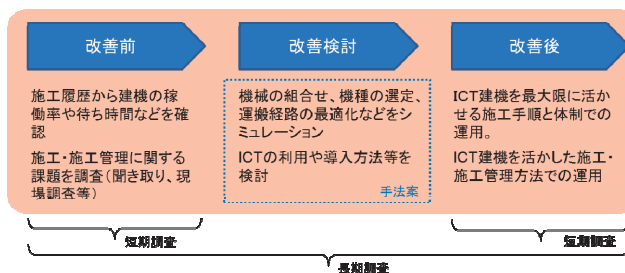


図-2 試行調査の流れ

3. ICT土工における工事進捗マネジメントの現場での試行調査

茨城県の現場で2.(3)を、静岡県現場で2.(4)

の手法案について試行することとし、効果検証を行った。試行調査では、現場立会調査のほか、工事の受発注者に対する事前説明会やICT導入時及び試行中の技術指導、ヒアリング調査を実施した。

3.1 国道355号潮来市永山道路改良工事

3.1.1 工事概要

- (1) 工事場所：茨城県潮来市永山
- (2) 発注者：茨城県潮来土木事務所
- (3) 工事内容：道路改良 延長 260m
 - 掘削工：11,400m³
 - 盛土：12,020m³
 - 法面整形：1,640m²
 - 側道路盤工：2,800m²

3.1.2 試行の目的

本工事は、土質改良した上段部を掘削し、下段部に運搬、盛土する工事である（図-3）。掘削、運搬、盛土の作業サイクルを現場内のみで実施していることから、本サイクルを一連の工程として、現状のボトルネックの抽出やICT建設機械の活用により、サイクルタイムの最適化を行うこととした。

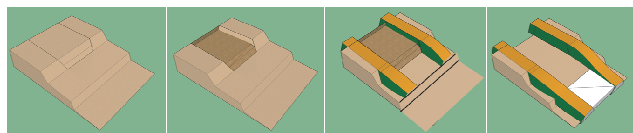
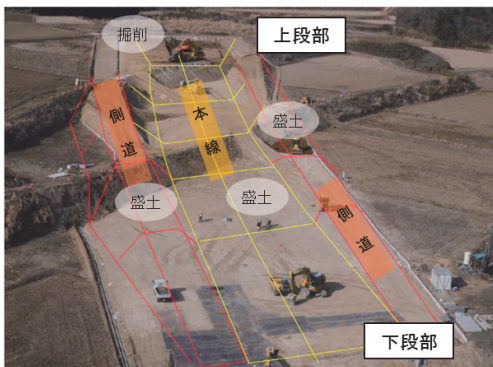
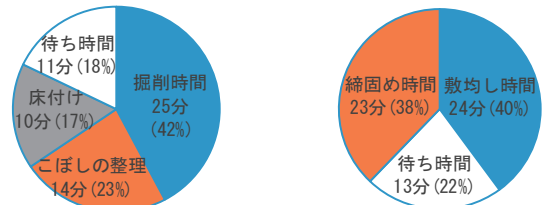


図-3 国道355号潮来市永山道路改良工事現場

3.1.3 改善前の施工の実態調査

本現場の改善前の施工の作業サイクルを把握するため、MC（マシンコントロール）ブルドーザの施工履歴データや現場立会により一連の施工工程での施工手順、作業体制、作業能力を調査した。調査の結果、作業は、掘削、運搬、盛土の作業分類に大別でき、それぞれバックホウ、クローラダンプ、ブルドーザで作業していた。図-4に示す

作業時間内訳より、バックホウ及びブルドーザとともに10分以上の待ち時間を有していた。なお、クローラダンプは待ち時間なく運搬作業を行っていた。また、日当たり施工量を施工履歴データより算出した結果、掘削、敷均しともに300～400m³/日程度の施工量であった。



1時間あたりのバックホウ作業時間内訳 1時間あたりのブルドーザ作業時間内訳

図-4 1時間あたりの作業時間内訳

3.1.4 調査結果を踏まえた現場改善

短期調査の結果を踏まえ、工事の受注者、発注者ととともにサイクルタイムの改善に向けた検討を実施した。図-5に示すバックホウの内訳から、床付け（掘削面の整形）作業に時間を費やしていることがわかった。この作業は、掘削段階で設計面に従って自動制御で施工可能なMCバックホウの導入により削減可能と考えられる。さらに、バックホウには10分程度の待ち時間があることから、運搬能力を上げ、全体の作業量の増加を検討した。その結果、MCバックホウの導入にあわせて6tダンプを追加することとし、次サイクルでの施工では体制を変更して作業を行った。

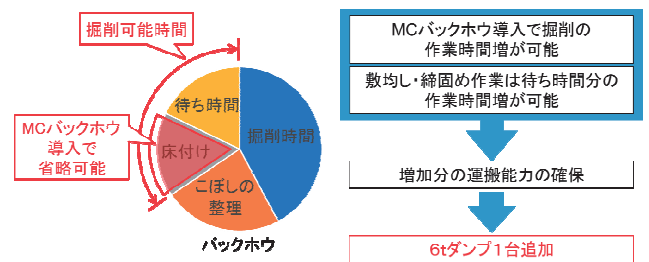


図-5 サイクルタイム改善の検討

3.1.5 改善後の状況

図-6に、施工履歴データから取得した日当たり施工量の推移を示す。改善前に比べて施工量が3割増加していることが確認できた。

日付	盛土 (m3)			掘削 (m3)		
	本日実績	累計	残	本日実績	累計	残
2017/02/06(月)	188	4,946	5,136	150	4,450	7,603
2017/02/05(日)	500	4,758	5,324	413	4,300	7,753
2017/02/04(土)	408	4,258	5,824	346	3,887	8,156
2017/02/03(金)	393	3,850	6,232	384	3,541	8,512
2017/02/02(木)	367	3,457	6,625	267	3,257	8,896
平均: 371m3			平均: 332m3			

日付	盛土 (m3)			掘削 (m3)		
	本日実績	累計	残	本日実績	累計	残
2017/02/25(土)	459	10,337	-255	494	9,309	2,744
2017/02/24(金)	564	9,878	204	443	8,815	3,238
2017/02/22(水)	403	9,314	768	380	8,372	5,881
2017/02/21(火)	517	8,911	1,371	619	7,992	4,061
2017/02/20(月)	480	8,394	1,688	459	7,373	4,680
平均: 484m3			平均: 479m3			

平均で3割増

図-6 改善前後の施工量 (上段は改善前、下段は改善後)

3.2 清水西海岸高潮対策事業 (防災・安全交付金) 工事 (サンドリサイクル養浜工)

3.2.1 工事概要

- (1) 工事場所：静岡県静岡市清水区三保地先
- (2) 発注者：静岡県静岡土木事務所
- (3) 工事内容：サンドリサイクル養浜工

養浜材採取工 (掘削工) : 17,000m³
 養浜材運搬工 : 17,000m³
 養浜材盛土工 : 17,000m³

3.2.2 試行の目的

本現場は、現場内で採取した養浜材を現場内運搬し、養浜盛土をする工事である (図-7)。養浜材採取工では、採取した土量の数量管理のため、採取場所で一旦集積し、数量計測を行っていた。また、養浜材盛土工においては、波によって仕上がり面が時間経過とともに洗掘されることが多いため、管理断面の仕上がり毎に出来形計測及び監督職員の立会が必要であった。

これらの数量計測や出来形確認の計測作業の省力化を目的として、3次元計測機器及びMCバックホウによる数量計測及び出来形計測の導入に関して検証を行った。

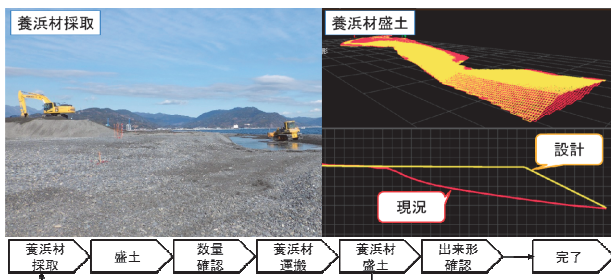


図-7 清水西海岸高潮対策事業工事現場

3.2.3 養浜材採取工の数量計測調査

養浜材採取後の集積材の数量計測手法毎の作業時間、計測精度を確認するため、従来手法 (テープ及びTS (トータルステーション))、TLS、ステレオ写真測量 (MCバックホウに搭載したステレオカメラによる計測)、施工履歴データ (単点) (MCバックホウの刃先を形状の変化点にあわせて単点の座標を計測)、施工履歴データ (自動) (MCバックホウの刃先を形状に沿って操作して全面の座標を計測) により集積した土量を計測した (図-8)。なお、TLS、施工履歴データ (自動) は、既に要領が策定されている (調査当時) ため、参考として計測を行った。対象の集積材の形状は、延長67m×下幅23m、上幅7.5mの四角錐台で、体積は、3,800m³程度である。

数量計測の延作業時間 (人・時間) は、特にステレオ写真測量及び施工履歴データ (単点) において、1人での計測が可能であるとともに、従来手法と比べて作業時間が削減し、大幅な時間短縮が確認できた。 (図-9)。

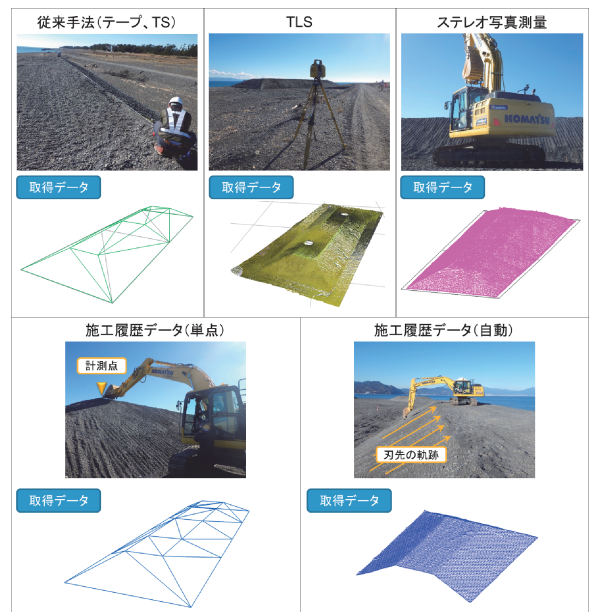


図-8 集積した養浜材の数量計測手法とデータイメージ

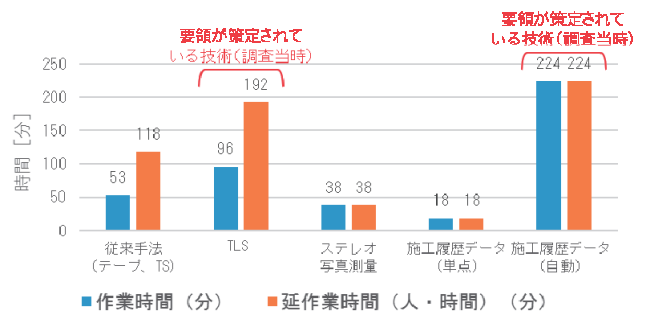


図-9 数量計測時間

ステレオ写真測量及び施工履歴データ（単点）による数量算出の精度は、従来手法や調査当時に要領が策定済のTLS、施工履歴データ（自動）によるものと同様であることが確認できた（図-10）。

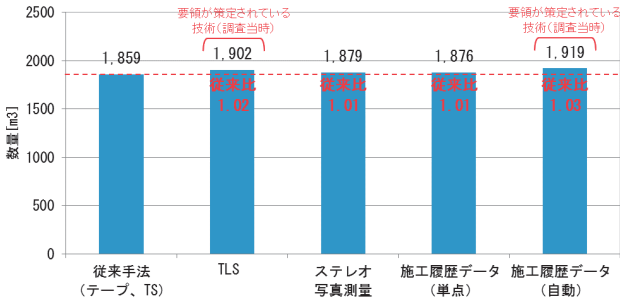


図-10 数量算出精度

3.2.4 養浜材盛土工の出来形計測調査

盛土工の面的な出来形管理手法の作業時間と計測精度を確認するために、従来手法（テープ及びTS）、ステレオ写真測量、施工履歴データ（単点）及び施工履歴データ（自動）により計測した（図-11）。対象の盛土部の法面は、延長60m×幅10m（600m²）程度である。

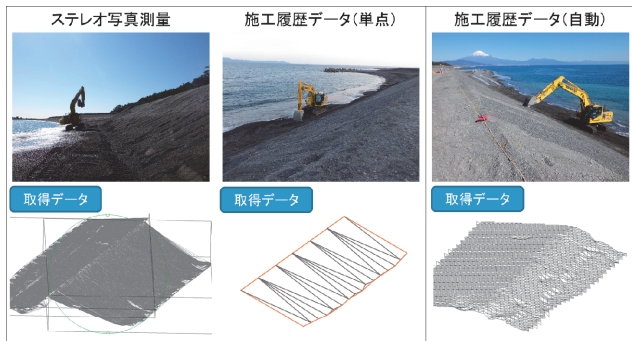


図-11 盛土工の出来形計測

出来形計測の延作業時間（人・時間）は、数量計測時と同様にステレオ写真測量及び施工履歴データ（単点）において、大幅な時間短縮が確認できた（図-12）。

出来形計測の計測精度は、ステレオ写真測量と施工履歴データ（単点）は同程度となった（表-1）。これらの値は一般的な道路土工や河川土工等で適用する「出来形管理基準及び規格値」の個々の計測値の規格値に含まれている計測精度±50mmと比較すると大きい値である。ただし、本現場では、受発注者協議により、ステレオ写真測量は洗掘前の仕上がり面を写真で確認することができることや、高い精度を要しない養浜盛土では十分に出来形管理できるものと判断し、立会確認に代えてステレオ写真測量の計測点群データの確認でよいこととされた。その結果、20回分の

立会を省略することができた。

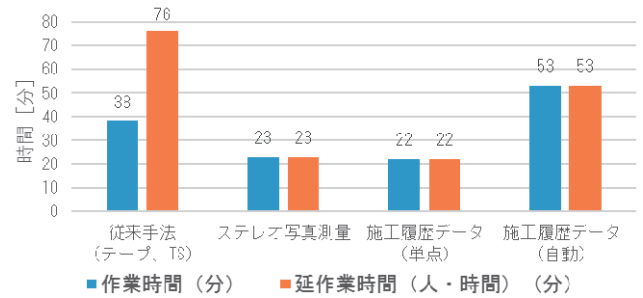


図-12 出来形計測時間

表-1 出来形計測精度

	ステレオ写真測量	施工履歴データ (単点)	施工履歴データ (自動)
平均	-40mm	31mm	56mm
最大値	17mm	156mm	434mm
最小値	-234mm	-38mm	-355mm
標準偏差	40mm	43mm	167mm
データ数	61	52	60

4. まとめ

今回の試行現場においては、施工データを用いた工事進捗マネジメント手法の導入による効果を確認することができた。ICTの導入による生産性向上の実現は、工事全体としての施工機械の運用方法の見直しが重要であり、今後は、施工計画段階でのシミュレーションと工程管理、現場での改善を組み合わせ、より効果のある手法の構築と効果検証を進めていく予定である。

謝辞

工事進捗マネジメント手法の試行、効果検証にあたり、工事の発注者（茨城県、静岡県）、受注者（水郷建設（株）、望月建設（株））には、現場の提供をはじめとして、工程調整、改善検討に伴う現場対応、精度検証用データの提供など相当な協力を賜った。ここに記して謝意を表す。

高柳佐和子



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 研究官
Sawako TAKAYANAGI

森川博邦



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 長
Hirokuni MORIKAWA