

ICT 土工における実際の効果と課題について

～i-Construction の取り組み事例～

札幌開発建設部 千歳道路事務所 工務課 ○亀山 崇
札幌開発建設部 千歳道路事務所 工務課 山口 賢一
株式会社 砂子組 野崎 了

国土交通省では、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、調査・測量、設計、施工、検査及び維持管理、更新のあらゆるプロセスに情報通信技術 (ICT) を取り入れることで生産性を向上する「i-Construction」を推進している。

ここでは、i-Construction 対応型工事の全国第 1 号として、ICT 技術を積極的に活用した「道央圏連絡道路千歳市泉郷改良工事」を通じて、実際に施工現場で見られた効果や課題を取りまとめる。

キーワード：ICT、生産性向上、i-Construction、設計・施工

1. はじめに

国土交通省では、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、建設現場における、「調査・測量」、「設計・施工」、「検査」、「維持管理・更新」の各プロセスに ICT 技術 (情報通信技術) を取り入れることで生産性を向上させる「i-Construction」を積極的に推進している。この i-Construction の取り組みの一つである ICT の全面的な活用として ICT 土工を実施した。ここでは、道央圏連絡道路 千歳市 泉郷改良工事において実際に見られた効果や課題を報告する。

2. 起工測量時における効果

当該工事は路体盛土を主とし、現道を挟む形で 2 箇所へ盛土を行う工事である。施工延長は起点側が 195m、終点側が 90m、盛土高は最大で 9m あり、総盛土量が約 87,000 m³あった (図-1)。この施工条件から使用する建設機械は 0.8 m³級バックホウ 2 台、7t 級ブルドーザ 1 台、3t 振動ローラー 1 台の構成とした。この内、ICT 建設機械 (マシンコントロール機) はバックホウ 1 台とブルドーザ 1 台を使用した。

現況地形の測量には無人航空機 (UAV, 通称ドローン) を使用し、施工範囲全体を網羅する形で撮影を行い、取得した画像データから点群データを作成し、ノイズ除去・間引きを経て現況地形の不規則三角形網モデル (TIN モデル) (図-2) を作成した。設計形状データは測量ソフトを使用して平面図・縦断面図・横断面図から 3 次元モデルを作成し、現況地形 TIN データと 3 次元モデルを 3D-CAD ソフトにて結合し、設計となるモデルの外形を構築した。

実際の盛土工を施工する際には層状で敷均しを行うため、外形のみでは ICT 建設機械の自動制御機能を活用できないことから、3D-CAD にて敷均し各層ごとの 3 次元形状 (図-3) を作成した。また、当該盛土箇所は曲線区間であったため横断面図として作成されている測点 (@20m 毎) では曲線形を正確に構築することが出来ない事から横断面を 2.5m 毎に区切り、曲線を滑らかにした。

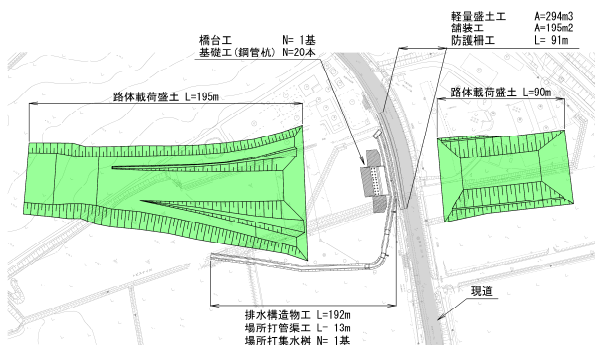


図-1 泉郷改良工事平面図

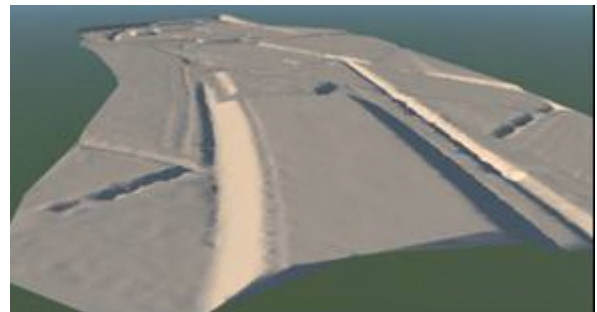


図-2 現況地形 TIN データ

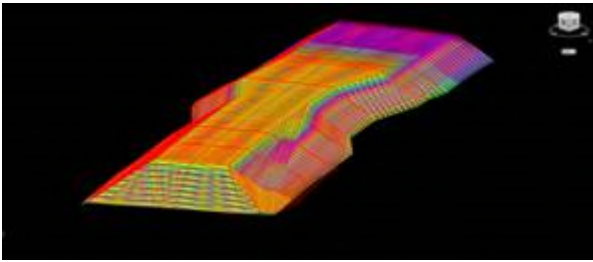


図-3 3次元設計形状

従来の人が行う起工測量であれば、現地での測定から成果作成まで約 7 日間の日数を要していたが、UAV 測量では 3 日間で成果が完成した。当該工事は UAV 測量を実施するに当たり、特に制限も無く障害物等も無かったことから、好条件下での測量であった。これにより約 50%もの短縮が実現されていた。

3. 施工時における効果

ICT 土工の施工に当たっては、前述のとおり ICT 建設機械 0.8 m³級バックホウを 1 台、ブルドーザを 1 台配置し、場内運搬路の整備等でサポート作業を行うスタンダードバックホウを 1 台配置していた。ICT 建設機械のシステムは、作成した 3 次元データ（設計形状データ）を、ICT 建設機械に登録した上で、オペレーターが運転席内のモニター（写真-1）で作業箇所を選択し、マシンコントロールを起動することで、設計面に沿った動きをするよう制御するものである。

3.1 確認作業不要による効率化

ICT 土工を行う大きなメリットとして、施工時における丁張りの設置が不要になることが一番に挙げられる。実際に、盛土施工箇所には丁張りが一切なく、盛土の敷均しおよび法面の整形が行われていた（写真-1）。従来、重機オペレーターは整形した法面の確認をするために作業を一旦停止して重機から降りることを度々行っていたが、ICT 建設機械ではその必要も無くオペレーターは継続して作業を行うことが出来ていた。このことから、確認のために費やしていた時間が省略されることにより、大規模工事になるほど作業の効率化が図られるものと期待できる。



写真-1 法面整形状況およびモニター

3.2 オペレーターへの負担軽減

ICT 建設機械の効果は施工の効率化のみではなく、オペレーターへの負担軽減にも効果が見られた。図-4 に示すのは、初心者ブルドーザオペレーターが一定時間 ICT 建設機械と従来機を操作した際の心拍数を測定し比較したものである。従来機操作時の平均心拍数が 1 分間 115 であったことに対し、ICT 建設機械操作時の平均心拍数は 1 分間 89 であった。このことから、オペレーターへの疲労軽減・ストレス軽減にも効果が出ているものと考えられる。さらに前述の整形したのり面の確認不要による作業の負担減少にも繋がり、相乗効果として効率化が図られていることが解った。

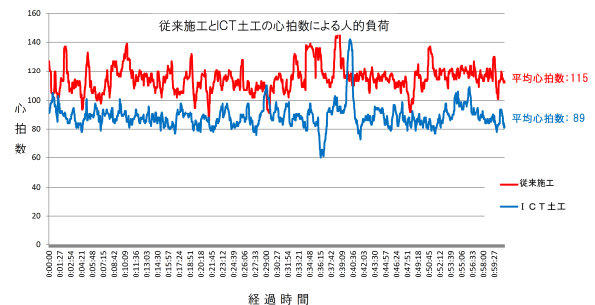


図-4 オペレーター心拍数比較

3.3 熟練オペレーターと初心者オペレーターの比較

現在 ICT 建設機械は、メーカー各社が開発・独自のシステムを持っているが、一様に謳われているのが初心者オペレーターでも熟練オペレーターと同様の作業が出来るとされている。

ここでは、初心者オペレーターと熟練オペレーターとの実際の稼働状況を比較するために調査を行った。

調査方法は、切土箇所における掘削・積みみ状況のビデオカメラ撮影・記録と、バックホウアーム等に設置した加速度計で動的に測定することとした。測定したデータはコンパクトレコーダにセットした記録媒体に保存され、作業終了時にデータを回収・整理する。得られたデータから建設機械の稼働状況を算定する。次項に概念図を示す。

測定項目	測定方法	設置場所	備考
作業状況	webカメラによる撮影	施工ヤード全体を撮影	ダンプ等を含め撮影
バックホウの移動・旋回状況	3軸加速度計	運転席後方	運転席コンパクトレコーダによりデータ収録
バックホウアーム等の動作状況	加速度計	バックホウアーム基部	

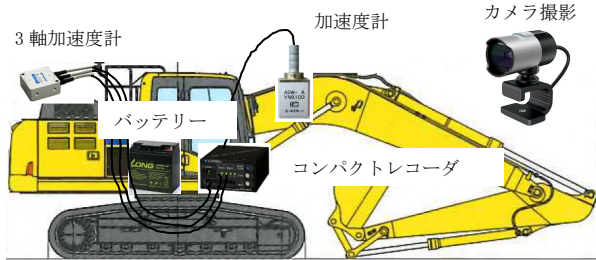


表-1 測定項目一覧、図-5 計測器配置図

調査で取得したデータを取りまとめると、掘削・積込み作業においては図-6 および図-7 に示す結果となった。

図-6 に示すのは、ダンプトラックへの1回当りの積込時間を取りまとめたもので、熟練オペレーターによる積込時間はICT建設機械で平均18秒であったことに対し、初心者オペレーターが操縦するICT建設機械での積込時間が平均20秒で、熟練

オペレーターが操縦するICT建設機械には及ばないものの、熟練オペレーターが操縦する従来機の作業時間(平均21秒)よりも早く積込みを行っていた。

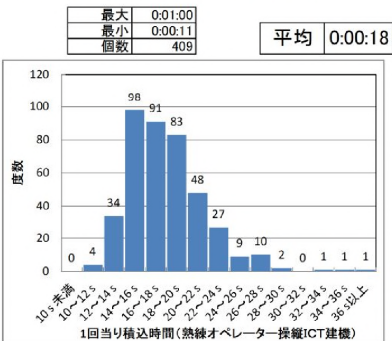
図-7 に示すのは、ダンプトラック1台当たりの積込みに要した時間を取りまとめたもので、ICT建設機械を使用した積込時間が平均1分31秒であった事に対し、従来機での積込時間は平均1分49秒となり前述の1回当りの積込時間の測定結果と同様に、ICT建設機械の方が早く積み込むことが出来ている結果となった。

また、初心者オペレーターが操縦するICT建設機械での1台当たりの積込時間が平均1分41秒で、1回当りの積込時間と同様に熟練オペレーター操縦のICT建設機械よりは遅いものの、熟練オペレーター操縦の従来機より早く積み込むことが出来ている。

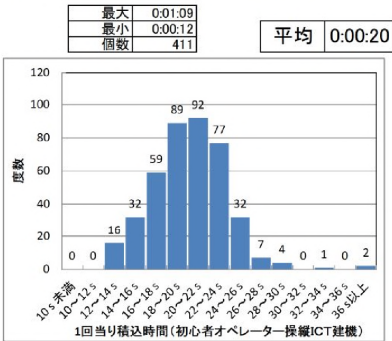
時間短縮の要因としては、前述のとおり、掘削作業中も仕上げを並行して行っているため、従来機では積込中も随所に時間を要している。一方、ICT建設機械では登録された設計面に対して自動制御機能が働くため、仕上げに要する時間が従来機に比べ短縮されている。

調査の結果から、熟練オペレーターと初心者オペレーターの比較では、熟練オペレーターが操縦するICT建機が最も効率よく作業を行えているこ

1回当り積込時間(熟練オペレーター操縦ICT建機)



1回当り積込時間(初心者オペレーター操縦ICT建機)



1回当り積込時間(熟練オペレーター操縦従来機)

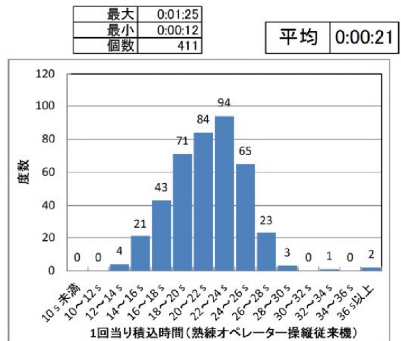
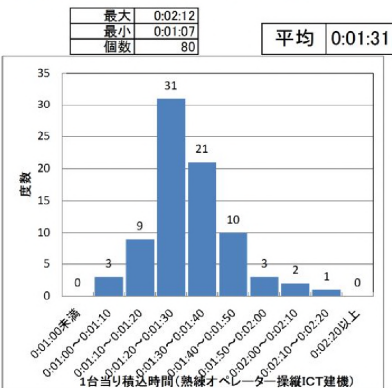
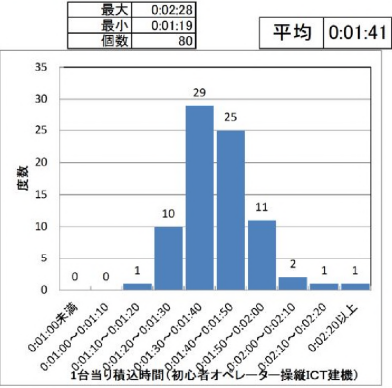


図-6 1回当り積込時間測定結果

1台当り積込時間(熟練オペレーター操縦ICT建機)



1台当り積込時間(初心者オペレーター操縦ICT建機)



1台当り積込時間(熟練オペレーター操縦従来機)

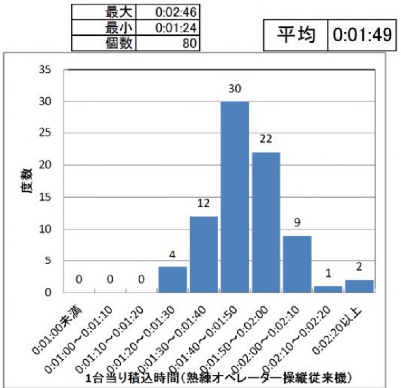


図-7 1台当たり積込時間測定結果

とは当然の事として結果が出ているが、初心者オペレーターが操縦する ICT 建機と比較すると約10%程度の差でしかなかった。更に、熟練オペレーターが操縦する従来機との比較では、熟練オペレーターを上回る結果となった。この結果から、初心者オペレーターが熟練オペレーターと同等の作業が出来るようになるまで時間がかからないという期待が持てる。と同時に、熟練オペレーターにも明確に効果が出ている。

3.4 安全面における効果

ICT 土工の実施は、施工の効率化だけではなく安全の面においても大きな効果が出ている。

第一に挙げられるのは、丁張りの設置が不要になったことで、盛土施工箇所は建設機械のみで作業することができ、建設機械と測量従事者の同時作業が大幅に減っている。また、同様に丁張りの設置が不要になったことにより、法面整形時の補助作業員も不要となったため、これも接触災害防止に大きく効果が出ている。これには、オペレーターからも安全面が大きく向上したとの声が聞かれた。重機付近に作業員が居ないのであれば重機と人との離隔処置を行う必要が無くなるので、これまで適時行ってきた離隔処置のための区画整備を行う事も無くなり効率化にも繋がっている。

また、設計データ作成時にライフラインのデータを組み込むことにより埋設管への接触防止にも大きな効果が発揮されると期待できる。従来、ライフライン近傍の掘削作業では補助作業員が手掘りにより作業を行ってきたが、ICT 建設機械に正確なデータを組み込めば直近まで重機による掘削が可能となるので、人力による掘削が大幅に減少されることと、補助作業員の巻き込まれ災害防止が期待できる。

3.5 工程短縮の効果

これまで ICT 土工の効率化について述べてきたが、実際の施工に掛かった日数と従来施工に要する日数を比較検証した結果を図-8 に示す。

起工測量については前述にもあるとおり、約50%の短縮結果が出ている。主となる盛土作業については、標準歩掛が日当たり 940 m³という施工量に対し実際の施工量は日当たり 1100 m³という結果になった。出来形測定についても起工測量と同じく約 50%の短縮が見込める。

全体として約 20%の効率化が実現されている結果となったが、効率化の要因として以下が考えられた。

- (1) ICT 建設機械の自動制御機能により細かな操作をしないのでスムーズに作業することが出来る。
- (2) 丁張り確認のための作業一旦停止が無く継続して作業することが出来る。
- (3) 測量従事者および補助作業員配置が不要となる

ることから建設機械が稼働し易い状況となる。
(4) 建設機械のみでの作業となるので区画整備に要する時間が減少されることと重機の稼働領域を広く取れるため、作業段取りに要する時間が短縮される。

以上が代表として挙げられ、重機の稼働効率が向上したことにより日当たりの受入土量が増加して工程の短縮に繋がった。そしてこの短縮された日数を、作業員の休暇取得にあてる取り組みも行った。

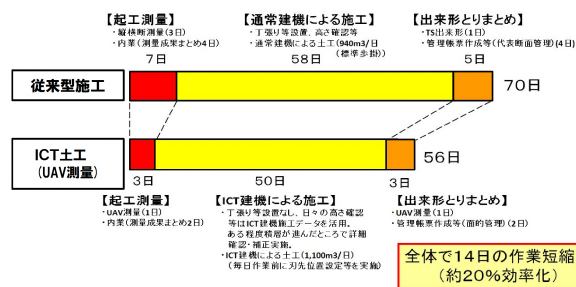


図-8 施工日数比較

4. 費用面の効果

ICT 土工における費用は、現状、建設機械のリース料などが高価であり初期費用が大きくなる一方、作業の効率化が図られることにより、工事規模が大きくなるほど安価になると期待できる。

図-9 に示すのは過去に受注した盛土工事で検証した損益分岐を表すグラフである。

グラフが示すとおり、小規模土工では建機等のリース料といったランニングコストにより収益は見込めない結果となっているが、盛土量が約 3 万 m³を超えたあたりからは ICT 土工の方がコストが低下していく結果となっている。日々の僅かな作業短縮が長期工事になればなるほど比例して短縮効果が表れるものと考えられる。

今後 ICT 建設機械の普及が進み、ICT 土工の初期費用が低くなれば、小規模工事においても収益が見込めるものと期待できる。

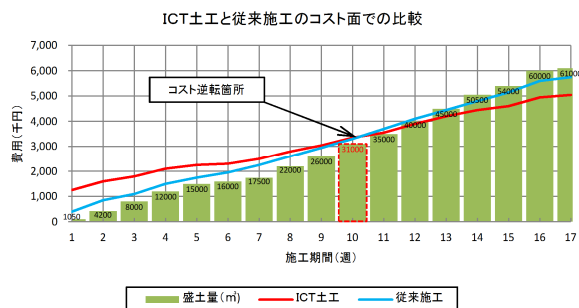


図-9 損益分岐グラフ

5. まとめ

今回、i-Construction 対応型工事の全国第 1 号として ICT 土工の効果を検証するべく各工程においての調査を実施した。全体をまとめると以下の

通りとなる。

- (1) UAV 測量は、従来の人が行う起工測量と比較すると約 50%の短縮が実現されている。
- (2) ICT 建設機械を使用することにより初心者オペレーターでも安心して作業することができることと、疲労軽減・ストレス軽減にも繋がっている。
- (3) 初心者オペレーターと熟練オペレーターの比較では、ICT 建設機械を使用した初心者オペレーターは従来機を使用した熟練オペレーターよりも早く作業が来ている。
- (4) 全体工程で約 20%の効率化が実現され、大規模工事になるほど工程短縮が図られるものと期待できる。
- (5) 約 3 万㎡以上の大規模土工であれば、受注者にとっても収益性が見込める。

以上、確認できた効果として挙げられるが、他にも作業段取りの軽減や仕上がり品質の向上など様々な効果が出ており、有用性の高いものであると実感できた。

効果や有用性について多くを述べてきた一方、課題も確認された。

- (1) 3 次元データを扱える人材が少なく、確認・修正が出来る人材育成が必要。
- (2) 各データの容量が膨大で作業するパソコンの要求スペックが高いものであること。また、データ容量が大きいため、ネットワーク環境によってはメール送信等が困難な場合がある。さらに、現状での 3 次元データ作成には多様なソフトウェアを使用するため、設備を整えるための投資が必要。
- (3) 現況測量および出来形計測において、気象条件による影響を受けやすい。

今後も積極的に取り組み改善していくことが i-Construction 普及への近道となり、更なる生産性向上へ繋がっていくと考える。