

小規模土工工事における ICTを活用した取り組みについて

坂田 健剛

長野県 千曲建設事務所 整備課（〒387-0007 長野県千曲市大字屋代1881）

将来的な労働力不足、技術者不足が課題となっている長野県の建設産業にとって、生産性向上につながるi-Constructionの普及促進は喫緊の課題である。しかし、長野県では、大規模工事でのICT活用工事が多く、県で一般的な中小規模での採用事例が少ない。

長野県でICT活用工事を普及させるには、中小規模工事の事例を増やし、ICT活用の有効性を確認する必要があると考え、受注者とともに小規模土工においてICT土工にチャレンジした。そこで、小規模土工におけるICT活用の有効性を取りまとめるとともに、UAVおよびLS起工測量の計測結果の考察を行った。

キーワード i-Construction, ICT土工, 小規模, 生産性の向上

1. はじめに

長野県では、少子高齢化や東京圏への一局集中などにより急激な人口減少が続いており、2018年に策定した「しあわせ信州創造プラン2.0（長野県総合5か年計画）」において、人口減少への対策に取り組むこととしている。しかし、このような政策を講じても、2018年現在の約207万人から2080年頃に150万人程度で定常化するまでは人口減少し続ける見込みであり、同様に生産年齢人口も2015年の約120万人から2060年には84万人程度まで減少し、地域社会や産業の担い手不足につながり、地域活力の低下を招くことが懸念される。

また、建設業の技術者に着目してみると、長野県の技術者数は全国で15番目であり（表-1のA）、人口（同C）で見ると見合った人数であるが、面積（同D）当たりの技術者数は32番目であり、県土の面積から見ると技術者数は不足している現状である。さらに、2030年には、長野県の技術者数が現在の約7割にまで減少し（図-1）、技術者不足が問題になるとみられている。

このように将来的な労働力不足、技術者不足が課題となっている長野県の建設産業にとって建設生産性の向上や魅力ある先端技術の積極的な活用・導入は必要不可欠であると考え。そこで、国土交通省において建設生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指すべく推進されているi-Constructionがこれからの長野県の建設現場においても普及促進を図る必要があると考え、今回ICT活用工事を行うこととした。

表-1 長野県技術者の現状

項目	全国平均	長野県	順位
A H27技術者数（建設業）（人）	5,734	5,296	15
B 建設工事受注額（百万円）	1,798,358	843,511	19
C H27国勢調査人口（人） <small>引用：H27国勢調査</small>	2,704,144	2,098,804	16
D 面積（km） <small>引用：政府統計</small>	7,935	13,562	4
E 可住地面積（km ² ） <small>引用：政府統計</small>	2,609	3,228	9
① 建設工事受注額 億円当たり技術者数（人/億円） 【A/B×100】	0.54	0.63	13
② 人口千人あたりの技術者数（人/千人） 【A/C】	2.15	2.52	9
③ 面積あたりの技術者数（人/km ² ） 【A/D】	1.34	0.39	32
④ 可住地面積あたりの技術者数（人/km ² ） 【A/E】	2.78	1.64	22

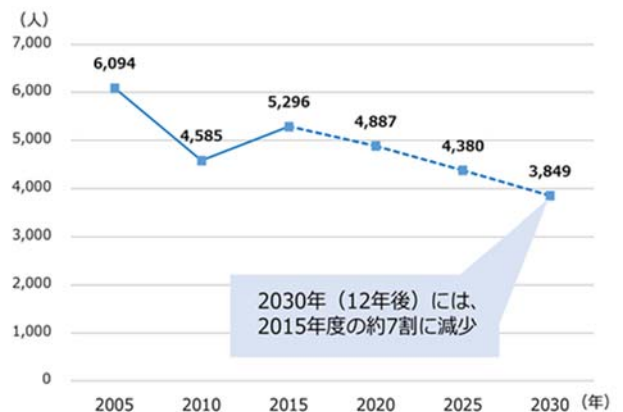


図-1 長野県技術者数（建設業）の将来推計¹⁾

2. 長野県におけるICT活用工事の現状

長野県では、2016年度からICT活用工事を積極的に取り組んでいるが、実施している工事の半数以上が土工量20,000m³以上または契約額1億円以上であり、規模が大きい工事に導入されている状況である(図-2)。確かに、規模が大きくなればなるほどICT活用が有効なのは容易に想像できるが、長野県発注工事はこれだけ規模が大きい工事は少ない。そのため、地元の中小企業にまでICT活用工事は浸透していないように感じる。

長野県の基準では、連続した施工となる土量が1000m³以上の工事であれば、ICT活用工事の実施が可能である。このことから、長野県発注工事では一般的な規模である土工量1000m³~5000m³程度の現場でICT活用工事の優位性が認められれば、長野県においてもICT活用工事がより普及するのではないかと考えた。

そこで、受注者もICT活用について非常に積極的だったこともあり、コスト面で不安はあったが、土工量1400m³という小規模なICT活用工事にチャレンジすることとした。

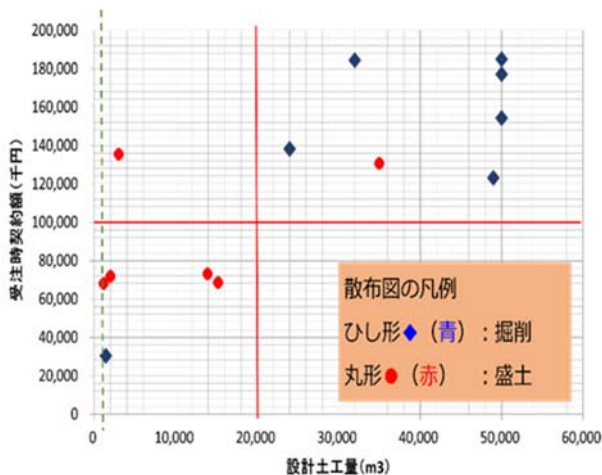


図-2 ICT活用工事を希望した箇所の諸元分布

3. 本工事の概要

本工事は、長野県埴科郡坂城町網掛地籍において、急傾斜地の崩壊から人命を守るため、延長42.7mの重力式擁壁と落石防護柵を設置する工事である。擁壁のポケット容量を確保するために生じる切土掘削1360m³、切土法面整形550m²についてICT機械施工(マシンガイダンス)を行った。



写真-1 現場着手前(伐採後)



写真-2 竣工

4. 実施内容

(1) ICTの全面的な活用

本工事では、3次元起工測量から3次元データの納品・検査までといった5つの全ての段階(図-3)において、ICT施工技術を全面的に活用した。

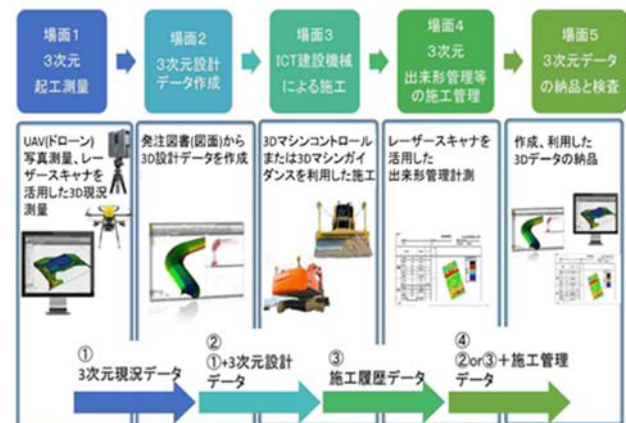


図-3 ICT活用工事のフロー

a) 3次元起工測量

今回の現場は竹林となっていたため、伐採して地表面が見える形にしてから測量を行った。

3次元起工測量は、無人航空機（以下、UAVとする）および地上型レーザースキャナ（以下、LSとする）の両方で行った（両方実施理由は後述）。今回はLS測量のデータを採用した。本工事の測量で得られた現況地盤データから点群処理を行ったものを図-4に示す。

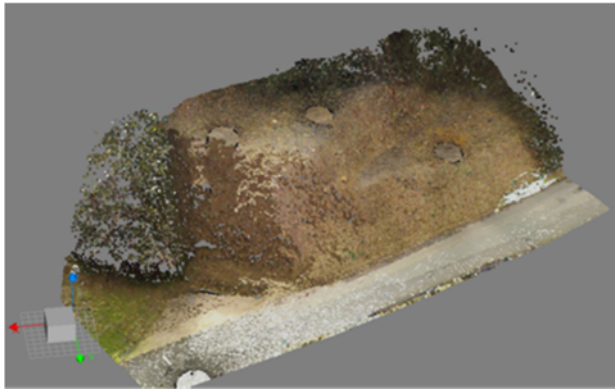


図-4 起工測量データ

b) 3次元データ作成

平面図、横断面図、縦断面図等の2次元の設計図書を用いて、3次元設計データの作成を行った。このデータと前述の起工測量データを重ね合わせることで施工土量の算出が可能となる。本工事で作成された3次元設計データを図-5に示す。

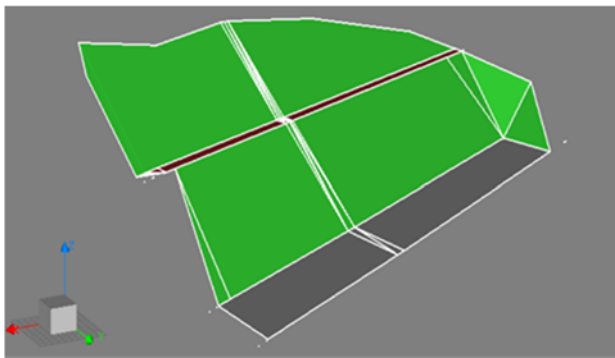


図-5 3次元設計データ作成

c) ICT建機による施工

ICT 建機には、自動制御によるマシンコントロール（MC）と操作支援によるマシンガイダンス（MG）の2種類があるが、本工事では、操作支援によるMGを採用した。MGは、位置計測装置を用いて建設機械の位置情報を計測し、前述の3次元設計データの情報を建機に搭載することで、コントロールボックス内にある写真-3のようなモニターに、バケット刃先位置、設計基面、設計基面との誤差等を表示することが可能になる。そのため、オペレータはそのガイダンスに従い施工を行った。

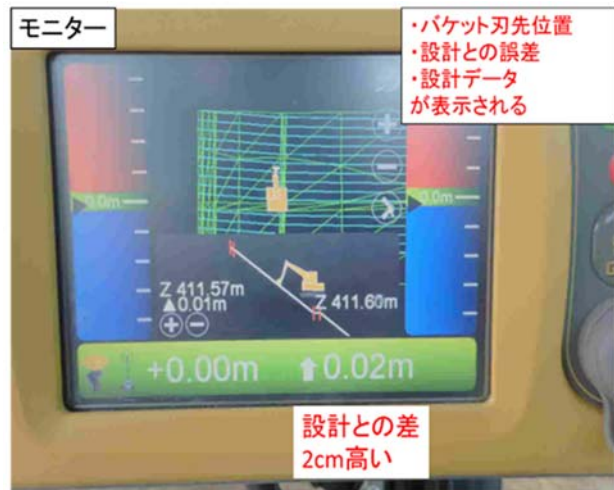


写真-3 搭載モニター画面

d) 3次元出来形管理

ICT 建機による施工が完了した後、再度LS測量を行い、出来形の測定を行った。測量したデータを基に、設計データと出来形測定結果との比較を可視化したヒートマップを作成することで施工範囲全体を面的に出来形計測を行った。本工事で作成されたヒートマップを図-6に示す。この図の場合、緑色のメッシュが規格値との比が±20%以内となっており、精度が良いということになる。規格値の範囲外である棄却点のメッシュが0.3%未満、1000点未満の場合は2点未満であれば合格と定められており、この現場では棄却点0点と一目で出来形確認が行えた。

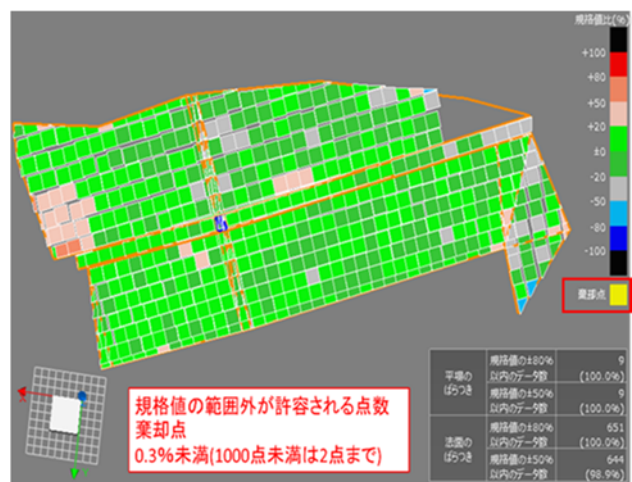


図-6 ヒートマップ

ここまでのICT活用工事を施工してみて、この現場におけるICT活用工事の有効性を仕上がりの精度、施工性、省人化、安全性等の面から取りまとめることとした。

(2) UAV測量とLS測量の比較

それぞれの測量方法は一般的に表-2 のような特徴があり、精度面では UAV 測量の方が LS 測量より劣るといわれている。しかし、今回のような小規模な現場は、おそらく他に例が少なく、一般的な評価を鵜呑みにできないと考えた。受注者も、実際にやってみなければ分からないからトライしてみたいという探求心と、これからの建設業界において ICT 活用工事がますます普及することを見据えて、両方の測量方法のノウハウを習得しておく良い機会である、とポジティブな考えを持っていた。

そこで、本来であれば UAV 測量か LS 測量かどちらか一方を選択し、3次元測量を行えばよいのだが今回は、敢えて両方の方法で3次元起工測量を実施し、比較検討を行うこととした。

表-2 測量方法の比較表

測量方法	気象条件	精度	測量時間
UAV	強風NG 日差しが強いNG	LSよりやや劣る	一度で広範囲の測量可能
LS	左右されない	良い	影になる部分は計測できないため何点かで測量必要

5. 結果・考察

(1) ICT活用工事の有効性

a) 仕上がり精度

仕上がり精度は、コントロールボックス内に搭載されているモニターに、あとどれくらい掘ればいいのかを1cm 単位で表示されるため、大幅に向上した。今回は、切土法面に植生工を施工する計画だったため、施工前に任意の10点でトータルステーションによる3次元出来形計測を行ったが、全て規格値の50%以内に収まっていた。実際に、オペレータにも聞いてみたところ、「せっかくだからモニターで誤差ゼロを目指すようになった」と感想を頂き、精度の向上、意識の向上につながったといえる。

また、従来の平均断面による算出だと1360m³であった土工量が3次元測量を実施することにより、1120m³と算出され、現場に沿った正確な土工量の把握ができた。

b) 施工性

従来は、起工測量→データ作成→丁張設置→丁張確認と掘削開始まで7日程度かかるころだが、ICTを活用することにより丁張設置の必要がなくなったため、4日程度となり、掘削開始までの工期短縮になった。また、オペレータからは「初めてICT活用重機を使ったため、始めのうちはスローペースだったが、慣れてしまえば作業が従来のおよそ倍くらい早くなると実感した」と感想を

頂き、実際に従来よりも作業の効率化が図られたことがわかった(図-7)。

出来形管理においても、ヒートマップによる出来形管理が可能となり、従来よりも工期短縮が図られた。

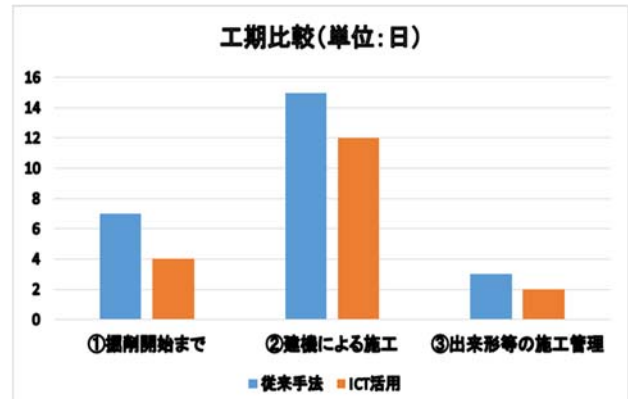


図-7 従来との工期比較

c) 省人化

丁張が不要となったため、丁張作業員、丁張確認作業員が削減できた。そのため、今回は重力式擁壁の型枠作成等に人員を前倒しで充てることができ、作業の効率化、工程の短縮にもつながった。

d) 安全性

掘削時に丁張を確認する作業が不要となったため、丁張確認作業員と重機との接触リスク回避につながった。今回の現場は、急傾斜地ということで現場の作業員の転落、転倒リスクがあったが、丁張が設置不要となり、作業員の転落、転倒リスクが低減された。また、オペレータからも「掘削作業中に周りに作業員がいなくなったことから、作業員のことを気にしなくてもよくなった分、いつも以上に重機足場の路肩に気を配れるようになった」と感想を頂き、墜落災害リスクの低減につながった。

以上のことより、安全性の大幅な向上がみられた。

e) その他

その他にも、3次元測量をすることにより室内で現場状況把握が可能となり施工計画時に役立つことや、現場環境の整備、現場のイメージアップにもつながるといったICT活用による効果がみられた。

以上の結果より、今回の現場でもICT活用の効果があったといえる。

小規模工事では、あまり効果がみられないと懸念していた施工性や省人化といった点でも十分な効果が得られた。また、小規模な現場ほど重機との接触リスクや作業員の事故等のリスクが増えるが、ICTを活用することによりその心配が低減されるため、小規模な現場では安全性向上による効果が大きいと感じた。

従来の土工は、丁張により作業員の経験や感覚によるところが大きく、経験がものをいう作業であったが、

ICT を活用することにより経験があまりないような若手でも即戦力で活躍ができ、若手作業員の早期育成、労働力不足緩和に大きく期待ができると感じた。

課題としては、サイドの法面のすりつけ部分はどうしてもオペレータ任せの作業となってしまうため、その部分を改善できれば、小規模工事でも扱いやすくなるのではないかと感じた。また、起工測量までの準備工で時間と労力を要するため、この段階を簡略化できれば省人化や経済性の向上等の効果が大きくなり普及に繋がると考えられることから、発注者として工事発注の段階から ICT 活用工事を見据えた方策を検討する必要があると感じた。

(2) UAV測量とLS測量の比較

計測時間は、UAV 測量が 2 時間、LS 測量が 6 点に分けて 4 時間で、UAV 測量の方が短かった。

ここで、UAV 測量と LS 測量の比較図を図-8 に示す。これは、LS 測量の結果を基本として UAV 測量の高さを 25cm×25cm メッシュで表し、比較したものである。

測量結果を比較すると、UAV 測量と LS 測量で平均 3cm、土量換算で 6m³ の差という結果になり、両方の測量であまり差が出ない結果になった。細かく見ると、測量した両サイドに比較的大きな差があり、UAV 測量の方が最大で 50cm ほど高い値が出る結果となった。これは、UAV 測量が隣接している立木に高さを引っ張られたのではないかと推測される。一方、両サイド以外はプラスマイナス 5cm ほどの差であり、同程度の測量結果であることが確認できた。

以上の結果から、精度面で劣るといわれている UAV 測量だが、小規模工事では LS 測量とほぼ同等であり、遜色なく活用可能であるのではないかと考えられた。また、UAV 測量は、一度で広範囲の測量が可能であり、人が立ち入れない現場でも活用可能であるといった大きな利点があるが、周りが木に囲まれた現場や高低差が大きな現場では、精度面では期待できないため、活用は難しいと考えられた。

(3) ICT 土工現場研修会の実施

事務所管内初の ICT 活用工事ということもあり、ICT 土工現場研修会を実施し、今後円滑に ICT 土工を進めることができるよう理解を深めてもらうこととした。研修会では、3 次元測量、3 次元設計データ、ICT 建機と 3 つの専門業者に協力してもらい、それぞれの専門家による、わかりやすく詳しい説明となるよう工夫した。また、現場作業員の実際に ICT 土工をやってみての感想についても、聞いてもらう場を設けた。

研修会では、約 30 名（発注者 20 名、建設業者 10 名）の参加があり、それぞれ専門家による説明やオペレータからの感想を聞くことで、理解を深めてもらったと感じた。

今回研修会に呼びかけたのは、建設業関係の方のみであったが、住民の方や子供たちに見てもらうことで、土木への関心やイメージアップ、若者をとりこむことにつながるかと身をもって感じたため、今後このような機会があればそのようにアピールしたい。

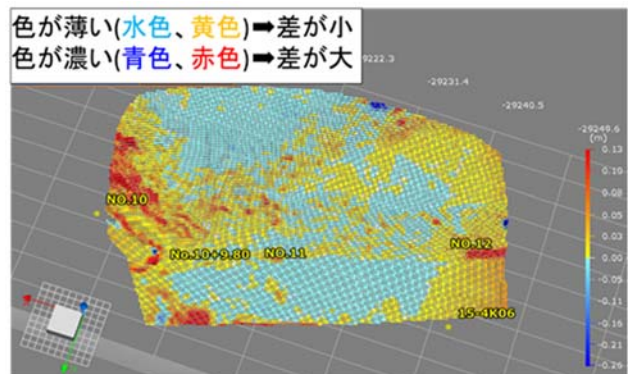


図-8 UAV 測量と LS 測量の比較図



写真-4 現場研修会の様子

6. おわりに

今回、小規模な ICT 活用工事の有効性が確認され、これからさらなる労働力不足が見込まれる長野県において、建設生産性向上につながる ICT 活用工事の普及推進の必要性を改めて感じた。しかし、長野県の規模では一般的な中小規模工事において、初期投資が高い等の理由から、あまり普及してない現状である。そこで、中小規模の ICT 活用工事の事例を増やし、今回行わなかったコスト面でのメリット・デメリットを検証していく必要がある。さらに、今回の受注者のような、臆することないチャレンジ精神が ICT 活用工事普及の鍵を握ると私は考える。

謝辞：本工事にご協力いただいたすべての関係者に敬意を表するとともに、感謝を申し上げる。

参考文献

- 1) (一財)建設経済研究所：建設経済レポート No. 70 2018. 4