

大沢治山工事における ICT 施工（土工）の試行について

盛岡森林管理署

○宇都 陽基
総括治山技術官 高橋 昌紀

1. はじめに

治山事業は、森林の維持造成を通じて、山地災害から国民の生命・財産を保全するとともに、水源のかん養、生活環境の保全・形成等を図る重要な国土保全事業の一つです。しかし、その現場において人口減少や高齢化に伴う将来的な技術者等の人材不足が懸念されています。その対策として ICT の活用による生産性・安全性の向上が重要です。国土交通省の取り組みである i-Construction では、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もっと魅力ある建設現場を目指すこととしています。実際、森川 (2019 国土技術政策総合研究所) によると起工測量から完成検査までの土工にかかる一連の延べ作業時間を、従来型の施工に対して平均で 31.2%削減できるといいます。林野庁においても、令和4年3月に「森林整備保全事業 ICT 活用工事 (土工) 試行実施要領」が通知されており、国有林野事業工事において ICT 技術を活用した施工の試行が開始されたところでもあります。従来手作業で行っていた作業について ICT を活用することにより安全性の向上や作業の減少といった効果が得られます (表 1)。

表 1. 土工における従来施工・ICT 施工の作業内容と特徴

主な作業	従来施工	ICT 施工	ICT 施工の特徴
起工測量 (準備測量)	手作業での実測 及び基準設置 (丁張)	レーザースキャナー等 で測量	測量時の安全性向上 3次元測量データ取得 基準設置 (丁張) 減少
掘削 (バックホウ操作)	熟練者による操作 と出来形の目視確認 等	3次元測量データによ る操作支援と出来形管 理	掘削精度の向上 出来形管理作業の軽減
情報整理	手作業での情報取 得、整理	機械的に取得したデジ タルデータによる整理	情報の取得・整理や管理 の効率化

森林土木工事の現場において、試行は始まったばかりであり、ICT 活用時の特性や課題などまだわかっていないことが多くあるものと思われます。こうした中、令和4年度の治山工事箇所の一つにおいては、ICT の活用に意欲的な受注者 (必要な ICT 機器や MG バックホウなどについて自力で導入) の協力のもと ICT 活用工事に取り組むことができたため、本研究として、ICT 施工 (土工) のうちの特に外業部分について、実務上の課題等を確認、評価するとともに、今後の展望について述べることにしました。

2. 取組・研究方法

(1). 森林整備保全事業 ICT 活用工事(土工) 試行実施要領上の ICT 活用技術の概要

試行要領上では ICT 活用技術を「①.3次元起工測量、②.3次元設計データ作成、③.ICT 建設機械による施工、④.3次元出来形管理等の施工管理、⑤.3次元データの納品」の5つの段階にわけて施工すると記載されています。本研究では外業である①.3次元起工測量、②.ICT 建設機械による施工、④.3次元出来形管理等の施工管理の3点について実際の作業現場で確認、評価を行いました。なお、本稿では「ICT 施工」を「ICT 施工技術を用いた施工方法」、「従来手法」を「現地に掘削前の基準(丁張)設置やその基準を用いた施工方法」としてここに定義します。

(2). 調査地・ICT 施工の概要

① 調査地の概要

図1のように岩手県盛岡市西部に位置する箱ヶ森国有林内 435 林班内の「大沢」では、通称「平成25年8月秋田・岩手豪雨」により、溪岸浸食等で流出した多量の土砂が、溪床に不安定な状態で堆積しています。また、多量の倒木等も発生しており、今後の豪雨等によっては、下流の保全対象である市道、福祉施設、人家等に流出し、被害を与える恐れがありました。そこで、下流域の保全及び保安林機能の増進を図ることを目的として令和2年度より溪間工による復旧治山工事に着手しており、令和4年度着手までに溪間工2基が完成しています。令和4年度には、堤高 6.0m、堤長 40.5m、体積 384.1 m³のコンクリート床固工が完成しました。この工事において起工測量、出来形管理には「地上型レーザースキャナー」を、掘削には「マシンガイダンスバックホウ」を使用しました。なお、今回の施工では、試験的に ICT 施工を導入したため、掘削前の基準設置、出来形管理については、従来手法も同時に実施しました。

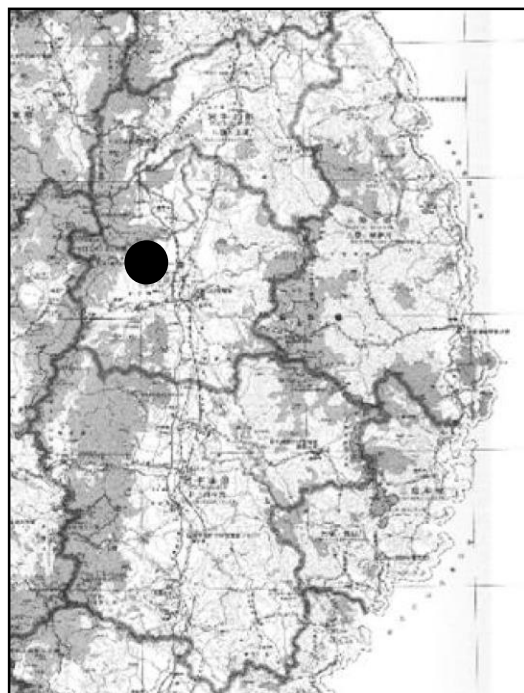


図1. 大沢の位置 (黒丸部分)

② 地上型レーザースキャナーについて

「地上型レーザースキャナー」とは地形や地物の位置関係を、レーザー波を用い3次元の点群として計測するもので、「速やかな測量データ取得や出来形管理が可能」、「3次元測量データ作成による高精度な土量算出が可能」といった特徴があります。

③ マシンガイダンスバックホウ(以下 MG バックホウ)について

「マシンガイダンス」は、機械の位置情報等をオペレータに提供してその操作を補助するシステムのことです。「作業中の確認作業の軽減」、「掘削精度が向上しやすい」といった特徴があります。このシステムでは目標物を自動追尾しつつデータを送信する機能のあるトータルステーションとバックホウを使用します(図2)。バックホウには 360° プリズム、コントローラー、チルトセンサーを取り付け操縦席には Android タブレットを設置します。そ

のタブレットの画面では、上部にはバックホウを上、横、正面の3方向から見た姿が表示されます(図3)。また、下部にはバケットの角度と掘削位置までの距離が1mm単位で表示され、オペレータはこのモニター上で掘削の高さなどを確認しながら操縦が可能です。



図 2. MG バックホウの使用状況



図 3. Android タブレットの画面

(3). 研究方法

① 3次元起工測量、ICT 建設機械による施工について

(ア) 人工数の計測

人工数の計測では、土工の各工程において ICT 施工の人工数、時間を記録し、従来施工で要すると想定される人工数、時間と比較することで、ICT 施工による生産性の向上具合の確認を行いました。なお、生産性は、ここでは労働生産性とし、労働力に対してどれだけの効果が発生したかを指しています。

(イ) 意見等の聞き取り

ICT の活用に対する意見を現場代理人等に現場で直接取材を行いました。

② 3次元出来形管理等の施工管理について

施工精度の確認

MG バックホウによる施工後に従来手法で出来形計測を行い、出来形と設計値との差を比較しました。従来手法の出来形計測では決められた箇所の計測をメジャーやレベルを用いて手作業で行います。計測は幅などの平面方向(計測箇所は概ね図4の矢印のとおり)と高さ方向(計測箇所は図5上の(・)のとおり)で実施しました。

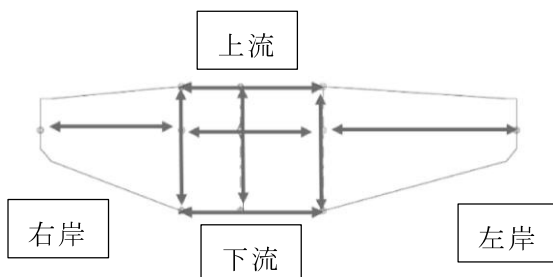


図 4. 平面方向での計測箇所 (平面図)

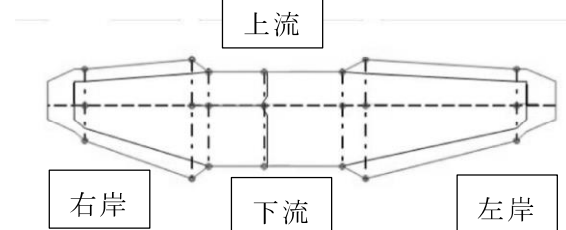


図 5. 高さ方向での計測箇所 (平面図)

以上の方法により、ICT 施工技術導入のメリット、精度、特性や今後の課題などについて

て確認・評価を行いました。

3. 結果

工事は事故等もなく順調に竣工を迎え、目的工作物の仕上がりも良好でした。以下に、(1). 3次元起工測量、ICT 建設機械による施工について及び(2). 3次元出来形管理等の施工管理についての結果を示します。

(1). 3次元起工測量、ICT 建設機械による施工について

【人工数の計測】

大沢治山工事の現場において ICT 施工と従来施工(想定)における人工数、作業日数の差を比較したところ、起工測量、重機掘削、出来形測定のすべての工程で生産性の向上が確認できました(表2)。作業全体で人員は-11 人、日数は-2 日の減少が確認できました。また、これらの作業に加え

表 2. 大沢治山工事における ICT 施工と従来施工(想定)の差

作業工程	人工数	作業日数
起工測量	-3	-0.5
重機掘削	-3	-1
掘削作業中測定	-4	重機作業に含む
出来形測定	-1	-0.5
合計	-11	-2

て「重機への ICT 機器取付・調整: 機器メーカー、1 人×0.5 日」「基準点設置: 測量技師、補助 2 人×0.5 日」「データ入力・解析: 測量技師、補助 1 人×0.5 日」の追加の作業とその人員と時間が発生することがわかりました。

【意見等の聞き取り】

現場代理人等に取材を行ったところ、「作業中の高さ確認作業や基面整正作業が少なくなった。」「傾斜地での作業等が少なくなり、安全面が向上した。」といった評価が得られました。一方、「機器等導入によるコスト負担が発生する。」「データの作成等をこなせる従業員が少ないため、今後の技術者の育成が必要である。」「基準点の設置など直接作業以外の作業が発生する。」「土質等によっては掘削精度に影響する可能性がある。」といった意見が得られました。

(2). 3次元出来形管理等の施工管理について

【施工精度の確認】

掘削後に実施した地上型レーザースキャナーの計測で、設計値に対する精度はほぼすべての項目で規格値の±50%以内に収まっていました。特に平面の計測(図4)での差はほぼありませんでした。比較的高さでの差が大きかったため、この点に着目しました。計測箇所図5上の計測位置の左(右岸側)を1として7(左岸側)まで番号を振り、これらの位置毎の床掘に対する設計値と実測値の差を求めました(表3)。これをグラフに表したところ、川の流れに対して垂直方向で最も大きかったのは中央の4、次点で最も左岸に位置する7でした(図6)。これを詳細にみると、中央の4については隣の3、5は差が小さく、その一方で、左岸の7に関してはその隣の6も比較的大きいことがわかりました。また、水平方向で比較すると下流側でもっとも大きな差がありました(表3)。なお、サンプルサイズが小さいためこの差の要因などの分

析は実施できませんでした。また、堤底部の掘削は下流側から実施していました。

表 3. 各掘削位置の設計値と実測値の差の大きさ (mm)

掘削位置	上流	中央	下流
1	3	2	23
2	3	18	22
3	0	5	15
4	35	25	20
5	10	5	5
6	19	15	22
7	18	14	42
合計	88	84	149
平均	12.57	12.00	21.29

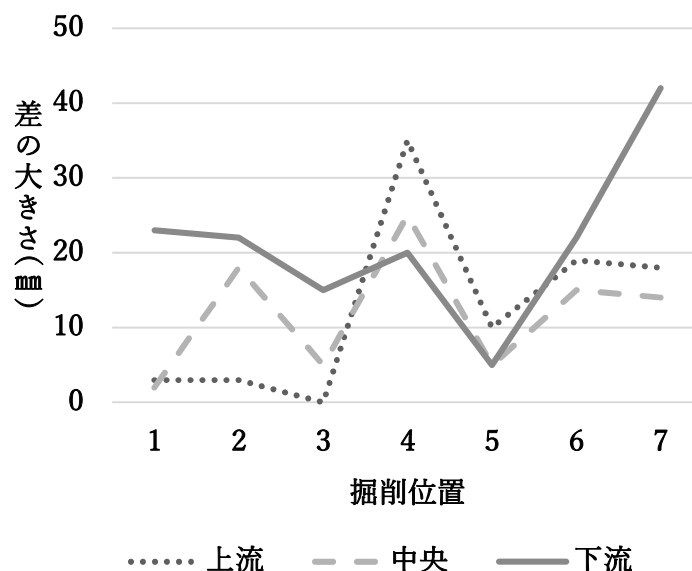


図 6. 各掘削位置の設計値と実測値の差の大きさ

(3). 結果のまとめ

① 3次元起工測量、ICT 建設機械による施工について

【人工数の計測】

すべての工程で生産性が向上していたことが確認できました。

【意見等の聞き取り】

工期の短縮や安全面の向上などのメリットがある一方、初期導入コスト負担の発生や技術者の育成等が必要なのではないかとの意見が得られました。

② 3次元出来形管理等の施工管理について

【施工精度の確認】

規格値と設計値の差は下流側で大きいなど特定の位置で大きいことがわかりました。

4. 考察・結論

(1). 3次元起工測量、ICT 建設機械による施工について

調査により ICT 施工には生産性、安全性の向上などのメリットがある一方、「初期導入コスト負担の発生」や「技術者の育成」等の課題があることがわかりました。

実際に初期導入コスト負担の発生についてですが、林野庁では MG バックホウにかかる費用を初期投資 1000 万円、レンタルを1日 30 万円～としており(令和4年3月 31 日時点)、導入に際しての大きなネックであると言えます。このような導入の負担に対しては補助金制度の活用等による負担の低減等が必要であると考えられました。

また、技術者の育成についてですが、これに対しては技術支援だけでなく、ICT 施工への知見の蓄積のためにも我々を含めた講習会等の学習機会の充実が必要であると考えられました。

(2). 3次元出来形管理等の施工管理

調査により規格値と設計値の差は下流側で大きいなど特定の位置で大きいことがわかりました。

現場代理人等の意見から、土質等が影響した可能性や、堤底部の掘削は下流側から実施していたことから機械の掘削の位置、方向が影響した可能性が考えられました。このように掘削の精度は何らかの要因によって差が大きくなると考えられます。今回はサンプルサイズが小さいため分析を実施できませんでしたが、今後は調査サンプル数を増やし、また、土質等との関係性についても調査して分析する必要があると考えています。

(3). さいごに

今回の研究により、森林土木工事の現場において ICT 施工技術を活用する上での課題や特性があることが確認できました。今後、こうした課題等を踏まえて、現場で円滑、適切に同施工方法が扱えるようさらに工夫、改善を行っていく必要があると考えています。

本研究に多大なるご協力をいただきました受注者様にこの場をお借りしてお礼申し上げます。

5. 参考文献等

- 林野庁. “ICT 活用工事試行実施要領”. 積算基準-4. 工事関係その他
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sekou/gijutu/sekisan_kijun.html (参照 2023-02-16)
- 林野庁. “治山事業”.
https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/con_3.html (参照 2023-02-16)
- 国土交通省. “i-Construction”.
<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> (参照 2023-02-16)
- 森川 博邦 (2019 国土技術政策総合研究所). “建設精算プロセスにおける ICT の全面的な活用～i-Construction の取組みについて～”. 一般社団法人日本森林技術協会「平成 30 年度スマート林業構築普及展開事業報告書」建築・土木分野の事例
https://www.jafta.or.jp/contents/information/362_list_detail.html (参照 2023-02-16)
- 林野庁. “技術リストバックデータ”. 林業イノベーションハブセンター (Mori-Hub (森ハブ))
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/morihub.html> (参照 2023-02-16)