

砂防現場でのICT技術 法面吹付の出来形管理適用の可能性

大森 徹治¹・荒木 大輔¹

¹越美山系砂防事務所 調査課（〒501-0605 岐阜県揖斐郡揖斐川町極楽寺137）

国土交通省は建設生産プロセスにおいてICTを活用する「i-Construction（アイ・コンストラクション）」と呼ぶ取り組みを推進し、建設現場での生産性向上を目指している。

この全国での取り組みは、山間地の急峻かつ狭隘な環境条件下を事業区域とする当事務所管内においても積極的に展開されてきた。今回は、当事務所の砂防工事現場におけるICT技術として、法面工の吹付工（以下、法面吹付）の工程でレーザースキャナを用いた出来形管理を行う際の適用可能性について報告するとともに、砂防現場でのICT技術の将来を展望する。

キーワード:砂防工事、ICT砂防、レーザースキャナ、法面吹付、建設現場の生産性向上

1. はじめに

越美山系砂防事務所は岐阜県西濃地方の木曽川水系揖斐川上流域において砂防事業を担う事務所で、昨年、事業開始 50 周年を迎えた。

事業区域の特性は、年間降水量が 3000mm

を超える岐阜県随一の多雨多雪地帯であることとともに、根尾川断層をはじめとする活断層による脆弱な地質が広範囲に分布していることである。この結果、流出を抑制すべき土砂量が多くあり、一般的な降雨対応の砂防事業としてハード整備を継続してきた。

また、前述の活断層は、1891 年に日本最大の内陸地震「濃尾地震」を引き起こしており、管内では地震等に起因した深層崩壊といった大規模土砂災害への危機管理対応もソフト対策として取り組んでいる。

ところで、砂防堰堤の工事は、工事対象箇所が土石流危険渓流といった専門用語で示されているように、土石流が流下するような地形の環境条件下で施工することが前提であり、平地で行う工事と比べて環境条件を考慮した安全対策が重要である。



図1. 事務所管内図

例えば、切土の長大法面を対象とした工事の工程における省人化となる ICT 技術の発展には、建設現場の生産性向上の観点だけでなく安全性向上の面でも期待がかかっている。

2. ICT活用工事とICT砂防

(1) ICT 活用工事

ICT 活用工事とは、その実施要領によれば、施工プロセスの全ての段階において、ICT 施工技術を全面的に活用する工事と定義される。

具体例として土工を対象工種とした ICT、つまり「ICT 活用工事（土工）」では、①3次元起工測量、②3次元設計データ作成、③ICT 建設機械による施工〔3次元 MC または 3次元 MG ブルドーザ、3次元 MC または 3次元 MG ブルドーザ、3次元 MG バックホー機能をベースに持つ地盤改良機のいずれかで施工〕、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの納品、という①～⑤の施工プロセスの全段階で ICT 施工技術が全面活用されており、定義に合致している。

(2) ICT 砂防

前述の ICT 活用工事に対して、ICT 砂防とは、砂防関係工事における ICT 活用工事のことで、施工現場の環境条件により、ICT 建設機械による施工が困難となる場合は、施工段階で従来型建設機械を用いた場合であっても ICT 活用工事と見做す、いわば ICT 活用工事の特例だと理解している。

なお、この ICT 砂防は平成 31 年 4 月から適用され、施工を希望する者へのインセンティブにつながるよう入札時における総合評価に加点で反映されている。今後、各建設業者が環境条件を熟知したうえで判断し、積極的に希望すると考えられる。

3. 工事概要

今回、下記工事で、当事務所の砂防工事現場における ICT 技術として法面吹付でのレーザースキャナを用いた出来形管理を行った。

工事名：「平成 29 年度越美山系坂内白谷第 1 砂防堰堤工事」

工期：平成 30 年 3 月 27 日～12 月 28 日

工種：砂防土工、法面工、コンクリート堰堤工
構造物撤去工、仮設工

概要：岐阜県揖斐郡揖斐川町の坂内白谷において、堤高 14.5m、幅 60m の部分透過型砂防堰堤砂防堰堤を施工。本工事では、堰堤下流右岸側の法面对策・砂防堰堤（副堰堤部の一部）・護岸工等を施工。法面工の施工前後にレーザースキャナを用いた 3 次元測量を行い、その結果をもとに、出来型管理をおこなった。

この取組み過程で対象工種とした法面吹付について工事と検査の両面で効率化につながる可能性が得られた。



図2. 施工箇所



図3. 砂防現場での ICT 活用箇所

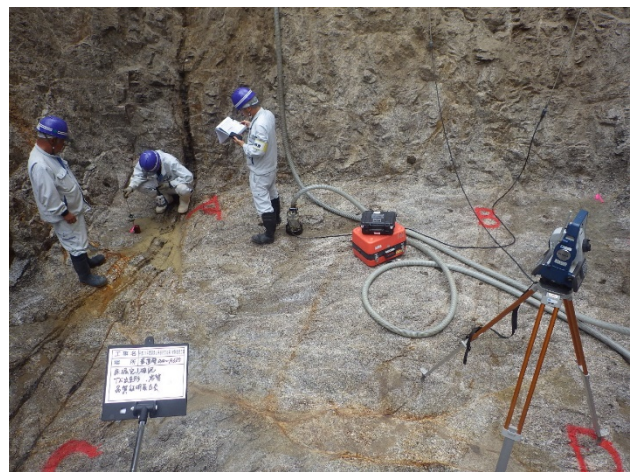


図4. 法面工：LS出来形管理（作業）状況

4. LS による起工測量について

1) 起工測量計測データの作成

受注者がLSを設置し出来形計測を行う。

また、設計照査のために伐採後の地盤の地形測量を実施。なお、起工測量時の測定精度は10cm以内とし、計測密度は 0.25m^2 （50cm×50cmメッシュ）あたり1点以上とする。

2) 標定点の設置・計測

標定点を用いてLSによる計測結果を3次元座標へ変換、あるいは複数回の計測結果、標定点を用いて合成する場合は、標定点を設置する。標定点は工事基準点からTSを用いて計測を行う。また、標定点はLSによる出来型計測中は動かないように固定すること。

3) LS計測の実施

出来形計測は、計測対象範囲内で 100cm^2 （10cm×10cmメッシュ）あたり1点以上の計測点が得られるよう計測を行う。

5. 実施結果・効果

法面吹付の施工前後にレーザースキャナを用いた 3 次元測量を行い、その結果をもとに、出来型管理を実施した。法面吹付では、ICT対応としての基準

緩和がされていないため、従来どおりの出来形管理基準の規格値（法長や厚さ）を適用したが、良好な結果が得られた。今回、施工に携わった工事業者と下請けの測量設計コンサルタントからは、下記の意見を頂いた。

- ・一度に仕上げることができ、オペレーターによる経験の差が無くなった。
- ・施工箇所を3次元で面的に取得でき、土量体積算出が容易になり精度が向上した。
- ・丁張が必要なく、面的管理となるため、過堀や修正のための手戻り作業の減少につながった。
- ・法面等での丁張設置や出来形測定が無くなり、重機等との近接作業が減少し、結果として安全性向上につながった。

上記はいずれも、一般的なICTの効果と同じ意見であった。ただし、急峻かつ岩盤の掘削が多いためICT建機の使用が不可能という現場実態を考慮すると、これまでICT活用工事を行うことに消極的と考えられた砂防工事においても、一般的なICTの効果を得られたことがわかった。

さらに下記のような積極的な意見もあった。

- ・測量に関しては3Dレーザースキャナー、UAVどちらにおいても3次元点群データを用いて任意の断面抽出を行うことができ、さらには急峻な法面等にも行く必要がなくなるため、省力化、効率化、数量算出の精度向上等非常にメリットが多い。
- ・起工測量については、従来工法に比べて安全で効率かなり向上した。

多くの砂防工事の現場は、急峻で落石等のおそれがある斜面を有する条件下での施工となるため、安全性や作業性の向上が強く求められているが、上記の意見は、安全性・作業性の面でも有用であることを示唆している。

6. 出来形管理での有用性と適用の可能性

ICT検査時にあたっては、試行的な活用ということを前提に提出資料を確認した。出来形管理関係書類の表現方法については試行段階なため、工夫の余地はあるものの不可視部分や出来形寸法のバラツキ、ふくらみやくぼみについても把握しやすいと思われ、出来形管理として十分に機能することが分かった。

工 種	測 定 項 目		規 格 値	測 定 基 準	
吹付工 (コンクリート) (セメント)	法長 B	$B < 3m$	—50	施工延長40mにつき1ヶ所、40m以下のものは1施工箇所につき2ヶ所。 測定箇所は凹凸があり、曲線法長の測定が困難な場合は直線法長とする。	
		$B \geq 3m$	—100		
	厚さ t	$t < 5cm$	—10		200mにつき1ヶ所以上、200m以下は2ヶ所をせんにより測定。
		$t \geq 5cm$	—20		
		ただし、吹付面に凹凸がある場合の最小吹付厚は、設計厚の50%以上とし、平均厚は設計厚以上			
	延 長 L		—200		1施工箇所毎

表1 吹付工 出来形管理基準及び規格値

具体例として、出来形管理基準及び規格値（表1）に照らして、適用の可能性を考えてみると、吹付工の厚さ（t）は、 $t \geq 5cm$ では、規格値は—20mmである。ただし、吹付面に凹凸がある場合の最小吹付厚は、設計厚の50%以上とし、平均厚は設計厚以上でなければならない。

一般的に砂防の現場では法面の仕上がりは凹凸が多く、このような場合でも平均厚を算出し確認するのに優れていると推察できた。

さらに、現場に導入する際の経済性の課題においても、吹付工は砂防の現場だけでなく道路でも行われる工種であり、出来形管理の有用性が認められれば、広く活用され、将来的には各現場に導入する際には効率化も進み、費用の通減も期待できると思われる。

7. ICTへの理解を広める取り組み



図5 現場での勉強会

越美山系砂防事務所では、ICT技術への理解を深めるため、地域の施工業者のみならず、測量および設計に携わるコンサルタント、岐阜県や地元自治体の職員も対象に、勉強会を開催している。

平成30年度は下記3回実施した。

【実施日】

- ・平成30年5月15日（レーザー測量実施時）
- ・平成30年11月1日（UAV操作訓練）
- ・平成30年12月4日（ICT砂防実施後）

8. 砂防現場でのICT技術と3者での意見交換



図6 室内での意見交換会

平成 30 年度に、事務所の砂防現場においても「平成 29 年度越美山系坂内白谷第 1 砂防堰堤工事」にて ICT 技術が試行的に導入した。

その際、当事務所では、建設コンサルタント・工事受注者を含む建設業者・発注者の 3 者によるレーザースキャナ (LS) による施工管理における課題等の意見交換を行い、その後、完成時 ICT 検査を実施した。

3 者で意見交換する中で、現場での率直な課題が出された。

- ・機器や処理ソフト等、高額である。
- ・技術講習会を適時開催してもらいたい。
(勉強会を行ったが技術を把握しきれていない。)
- ・i-Construction 施策の柱の一つとして進めている ICT 土工や UAV の活用などに関しては、現場内の転石や狭隘な谷地形などの環境下においてマシン・コントロール、マシン・ガイダンス建機の使用等が困難。よって、砂防現場では普及が進んでいない。

上記の意見のとおり、当事務所の砂防工事の現場の多くは、急峻で落石等のおそれがある斜面での施工となるため、安全性や作業性の向上が強く求められている。

一方、急峻かつ岩盤の掘削が多いために ICT 建機の使用が不可能という実態があり、砂防工事では ICT 活用工事を行うことが困難であった。

そこで、砂防工事において、急峻で落石等のおそれがある自然斜面において、測量・出来型管理に UAV 等 ICT を最大限に活用することで、工事現場の生産性・安全性を向上させることを期待し、平成 31 年 4 月からの特例的な適用を先取りする形で「ICT 砂防」とする試行を開始しており、今回の取り組みが、現場の技術者の方々も新たなことに挑戦したい気持ちがあることと同調できたと思っている。

参考に「地すべり事業」においては、平成 29 年度に富士砂防事務所が由比地区地すべり対策工事において全国で初めて ICT 砂防を試行している。

この地すべりに対して「砂防事業」での試行では越美山系砂防事務所が先例と思われるが、砂防では今年度から ICT 活用工事を適用しやすくなったことで、中部地整内において、今後、多くの現場で

活用が進むと思われ、他事務所でも活用して頂きたいと考え、意見交換の内容もできる限り書き記したが、詳細については、以下の当事務所の HP (URL) を参考にされたい。

https://www.cbr.mlit.go.jp/etsumi/info/kumataka_entry.php?e=20181228_a01cde0d8c1a2fb7e77768a5aa2178dc

8. さいごに

山間地の急峻かつ狭隘な環境条件下で行われる工事において、施工者が積極的に ICT 技術を導入するためのインセンティブになるよう ICT 活用工事を進めてきた。

現時点において「ICT 砂防」は、ICT 活用工事の特例として施工段階が従来の建設機械であっても、ICT 活用工事と見做すと認識している (図 7)。

本来の ICT 活用工事は、施工プロセスの全ての段階で ICT 技術を適用することを想定したものであるが、今回、当事務所管内の工事において、法面吹付での出来形管理の段階で LS を用いることで ICT 技術を活用可能なことが分かったことで道筋もついた。

今後、仮に法面吹付の ICT 建設機械が開発され、建設市場に導入されれば、砂防工事の現場のように長大な法面に吹付を行う際の安全性も高まるだろう。

また「ICT 活用工事 (法面)」という施工プロセスの全段階において ICT 施工技術が活用されることになり、将来 MC や MG の法面吹付の機械が導入された場合には、飛躍的に生産性と安全性の両面が向上すると考えられる。

今後も生産性向上に向けた取り組みに積極的に関わっていくとともに、現場を支援する建設機械の開発にも期待したい。

謝辞

「平成 29 年度越美山系坂内白谷第 1 砂防堰堤工事」受注者の西建産業 (株) 監理技術者堀部様、ならびに同工事受注者の下請けとしてレーザースキャナの出来形測定に関わった測量設計コンサルタントの (株) イビソクの本田様には、意見交換会の際にも説明を頂くなどのご協力を頂きました。

あらためて謝辞を申し上げます。

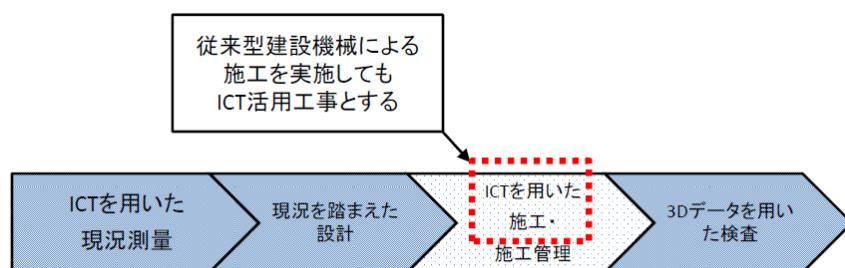


図7 ICT砂防の流れ