

急斜面における3つのICT技術の導入について

瀧沢 学¹

¹近畿中国森林管理局 滋賀森林管理署 治山グループ (〒520-2134滋賀県大津市瀬田3-40-18)

平成30年7月の西日本豪雨災害により被災した兵庫県宍粟市の戸倉東山国有林において、山腹崩壊地の復旧を令和4年度に着手した。崩壊から4年が経過し、現地は降雨による侵食の発達や土砂の一部崩落などが発生し、斜面は複雑かつ急傾斜となっていた。複雑な急傾斜法面での作業は危険を伴い、作業期間が長くなる傾向があることに加え、当施工地は豪雪地域であり施工期間が限られる。こういった制約のある急傾斜法面での工事において3つのICT技術導入して効果を検証した結果、掘削時間の短縮による生産性の向上、測点数の増加により施工管理の向上、急傾斜法面作業の削減による安全性の向上といったメリットを確認することができた。

キーワード 急傾斜法面、施工期間の制約、3つのICT技術の導入

1. 課題を取り上げた背景

急傾斜法面の山腹工事に3つのICT技術を導入して、生産性の向上と、安全性の確保に関する取組を行ったので報告する。

兵庫県中西部の宍粟市に所在する戸倉東山国有林において、平成30年7月の西日本豪雨災害により発生した林地崩壊及び荒廃渓流の復旧工事を実施している。

(図-1)

先行して荒廃渓流の溪間工等を整備して、崩壊発生から4年経過後に崩壊発生源に着手すべく現地確認したところ、傾斜が約45度（一部では60度を超える）あることや、降雨等の影響により斜面内に複数のガリーが発達し複雑な斜面を形成していることが判明した。(図-2)

崩壊直後の写真



図-1 崩壊発生直後(平成30年7月)

このため、対策工の立案に必要な斜面形状を正確に把握できる測量手法や、急傾斜かつ不安定土砂が堆積している斜面における工事の安全確保、また積雪時期(現地標高約700m)を考慮すると、施工時期が限定されることから、現地測量と法面掘削を効率よく、かつ手戻りなく実施する必要があった。

2. 経過

(1) 施工方法の検討

工法の検討にあたり、以下の課題があった。

- 複雑な地形を踏まえた、正確な地形把握。
- 急傾斜で土質が悪いことから、安全の配慮。
- 施工時期の制限があることから、短期間での施工。

東斜面頂部の状況



図-2 複数のガリーが発生した複雑な斜面

これらの課題に対応するため、急斜面での地形計測から法面掘削工までの一連の作業を安全確保した上で効率的に施工することができる施工方法を検討した結果、法面工事に特化した3つのICT技術(①UAV写真測量、②3次元設計、③マシンガイダンス法面掘削工)を導入し施工上の課題に対する効果を検証することにした。

(2) 導入するICT技術

a) UAV写真測量

ドローン写真測量により、対地高度30m、ラップ率80%を確保して、斜面地形に沿って飛行・測量を行うことにより詳細な地形データを取得できる測量方法である。

飛行ルートはあらかじめ登録し、正確な飛行を確保しつつ測量することができる。(図-3)



図-3 UAV写真測量状況

b) 3次元設計

UAV写真測量による撮影情報から、オルソ画像等の作成や5cm四方に1点の密度の3次元点群データを作成可能であり、作成した3次元点群データから掘削土量を予想できる掘削シミュレーションの作成が可能となる。(図-4)

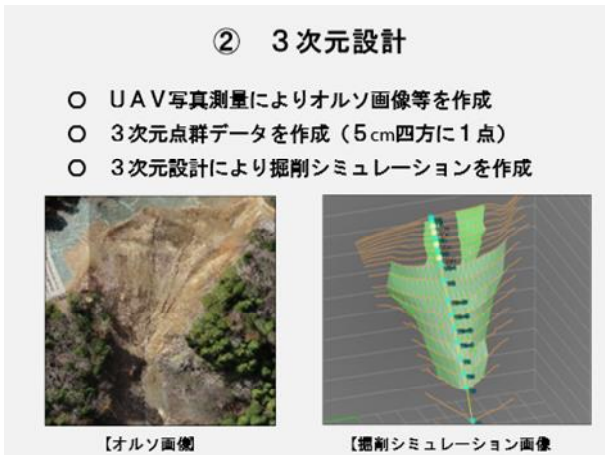


図-4 3次元測量設計画像

掘削シミュレーションにより、施工範囲や土工量を決定する際の重要な判断材料が得られ、施工期間と予算の想定が立てやすくなるメリットがあった。

c) マシンガイダンスによる法面掘削工

3次元設計によりシミュレーションした掘削位置情報を法面掘削機に搭載したマシンガイダンスにセットアップすることにより、マシンガイダンスが法面掘削機の位置情報、掘削深さをリアルタイムに把握して、掘削場所と深さをガイダンス画面に表示してオペレーターに指示する仕組みになっている。

オペレーターはガイダンス画面に従い、計画した深さまで掘削すれば良いため、設計図を確認する作業がなくなり、掘削作業に専念できることや、丁張設置、施工途中の確認測量が不要となることから、作業中の待ち時間が削減でき施工時間の短縮が可能となる。(図-5)



図-5 MG法面掘削工の施工状況

(3) マシンガイダンス法面掘削機のシステム概要

a) 法面掘削機の位置把握方法は、RTK測位方を採用しており、固定局と移動局の2つの受信機がそれぞれ4つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2つの受信機の間で位置情報をやり取りして測位のズレを補正するため、単独測位よりも位置精度が高い情報を得ることが可能で測位誤差は数cm以内となっている。

また、ネット環境が不要であり携帯電波等の受信が難しい山間部でも、上空の開けた場所があれば測位が可能である。(図-6)

b) マシンガイダンス法面掘削機の施工に際し、正確なバケット位置の把握が重要となり、バケットの高さ、前後、左右の3次元位置の把握を爪先で正確に把握するため、爪先の精度を5cm未満まで調整する必要がある。

このバケット位置情報は掘削場所を特定するため必要

な基礎情報となる。(図-7)



図-6 MG法面掘削機の施工状況



図-7 バケットの爪先調整

(4) 施工状況

a) R T K基地局は、掘削現場から200m離れた上空の開けた川の対岸に設置した。肉眼ではマシンガイダンス法面掘削機が確認できない場所であったが、問題なく測位でき、掘削作業を計画どおり施工できた。(図-8)



図-8 R T K基地局と施工地

b) 掘削作業は、マシンガイダンスから掘削位置と深さについて指示があることから、オペレーターの判断時間が短くなり掘削時間を短縮することができた。また、丁張設置、施工途中の確認測量が不要となり、機械の待機時間が無くなったことから、約半月という短期間で完了することができた。(図-9)



図-9 MG法面掘削機の掘削状況

3. 考察

I C T施工と従来工法を生産性、施工管理、安全性の3つについて、比較して考察した結果を報告する。

(1) 生産性

生産性は、測量、設計、掘削の各段階の作業日数により比較した。(図-10)



図-10 生産性の対比

測量は、従来工法の13日間にに対し、I C T施工では2日間となった。

設計作業では、従来工法の13日間にに対しI C T施工では17日間となった。

掘削作業では、従来工法の30日間にに対し、I C T施

工では17日間となった。

測量から掘削までの一連の作業を合計すると20日間の短縮となり、全体で約60%の生産性向上につながった。

(2) 施工管理

施工管理は、土工量の計算精度により比較した。
(図-11)



図-11 施工管理の対比

3次元設計では横断数が5断面の追加、測点数は約1,176点の追加となった。横断数、測点数の増加により、土工量計算が詳細となり、従来工法と比較して63m³の土工量の差が確認できた。

出来形等の地形を反映した横断数の追加や、UAV写真測量による測点数の増加による測点数の増加により、土工量計算の精度が向上したためと推測される。

(3) 安全性について

安全性は、リスクの高い法面内の作業回数により比較した。(図-12)

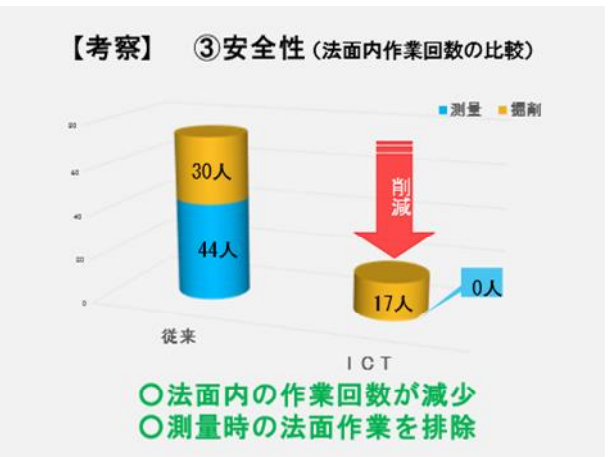


図-12 安全性の対比

測量は、従来工法で延べ44人、ICT施工で0人となり、法面内作業を排除できた。

掘削は、従来工法で延べ30人、ICT施工で延べ17人となり法面内作業回数を削減することができた。

高いリスク作業である法面内作業を削減でき、安全性においても有効な手段であると推測される。

4. まとめ

2(1)で述べた急傾斜で工期に制約がある山腹斜面の法面掘削工の課題を、3つのICT技術の導入により解決することができた。

ICT技術導入の結果、以下の3つのメリットも確認できた。

- 掘削時間及び待機時間短縮による生産性の向上。
- 測点数の増加及び横断数の柔軟な測定による施工管理の向上。
- 急傾斜法面内の作業の削減することによる安全性の向上。

一方、ICT技術の導入に関する課題として、ドローンや3次元設計に使用するソフトがあり、面積の大小に関わらず発生する基本料金が必要なことから、施工面積が小さい場合はコスト面で費用対効果が相対的に低くなることがあげられる。

あわせて、新技術が多いことやメーカー等により仕様等が異なることから、施工にあたりICT技術を完全に理解することが困難であることから、発注者側の知識の取得やマニュアル類の整備が不足している。

今後、ICT活用工事の監督検査を適切に行うことを目的に、ICT施工技術の研修等により、ICT技術に精通した監督・検査職員の体制構築を速やかに整える必要がある。