

## 3DMG 特殊斜面掘削機による 急斜面での安全作業環境の構築について

宮崎県土木施工管理技士会  
旭建設株式会社  
専務  
木下 哲治

### 1. はじめに

本事業は地域づくりを目的とした林道開設事業であり、本工事ではその林道開設に伴い発生した大規模地すべりを抑止する工事である。

#### 工事概要

- (1) 工事名：令和2年度 山のみち地域づくり交付金事業 小川・石打谷線（2工区）
- (2) 発注者：宮崎県児湯農林振興局
- (3) 工事場所：宮崎県児湯郡西米良村横野
- (4) 工期：令和3年3月8日～  
令和3年12月25日
- (5) 工事内容：(図-1, 図-2)

掘削工（人力）：611m<sup>3</sup>

グラウンドアンカー工：922m（63本）

吹付法枠工：194.4 m

モルタル吹付工：960.0m<sup>2</sup>

仮設工（ケーブルクレーン）：1式

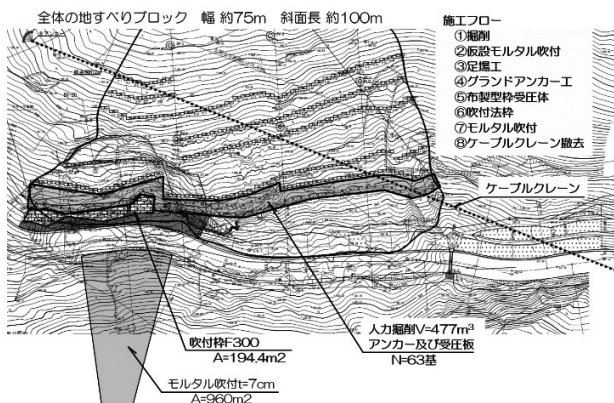


図-1 施工平面図

本工事は平成28年4月に発生した大規模地すべりに対し、上部から段階的に発注され施工されてきた地すべり対策工事である。

工事内容は、急峻で凹凸が非常に激しい斜面に対し人力掘削により法面を整形、そこへ抑止工としてグラウンドアンカー及び、その反力となるTFC受圧体を施工、法面保護工として現場吹付法枠工、モルタル吹付工を施工する計画である。

今回の工事において最も大きな検討を要したのは、受け盤を形成し節理が発達する強風化岩、その脆弱な土質に対する人力での掘削作業におけるリスクへの対応と、人が容易にいけない急斜面での作業及び施工管理は転落等リスクが非常に高く、作業性が急激に低下することから、その対策対応について技術提案を行うものである。

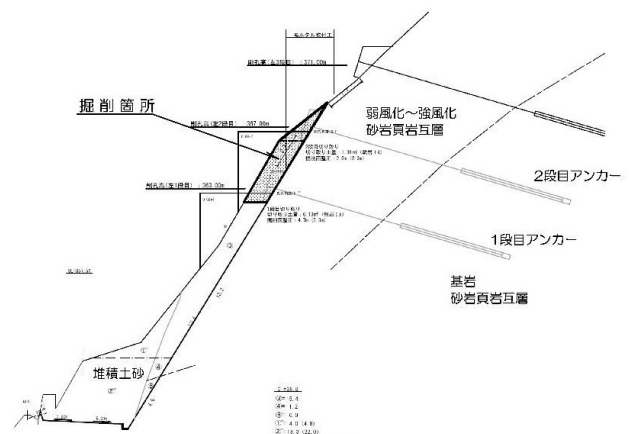


図-2 横断図

## 2. 現場における問題、課題点

### 問題①脆弱な地質における人力掘削

掘削箇所は節理が大きく発達する強風化砂岩頁岩互層に加え、法面崩壊時に引っ張られた亀裂が多数みられ、各所に緩みが多々発生している。

その中、親綱ロープにぶら下がっての人力掘削作業は、角礫状に岩塊が抜け落ち、巻き込まれたり、浮石落下による危険性リスクが非常に高い。

また、掘削直後の応力開放により土砂崩壊が発生し、作業員が巻き込まれるリスクも懸念される。

### 問題②斜面上での測量、丁張設置時の転落リスク

現場は急峻で複雑な形状、足場のない勾配45度以上の斜面がほとんどである。

斜面上での着手前測量（横断測量）、丁張設置作業に加え、掘削中における施工管理は幾度も高さや勾配管理を行う必要がある。

足場が不安定で親綱ロープで吊り下がっての作業や施工管理は、施工性が悪く疲労も溜まりやすいえに墜落転落のリスクが常に高くなる。



図-3 掘削作業箇所

## 3. 工夫・改善点

### 問題①に対する工夫・改善

まず、不安定斜面における人力作業については不慮の事案が発生した場合の人的災害リスクが非常に大きすぎることを勘案すると人力作業そのものを排除する方法はないか。（人力→機械化）

しかし掘削する斜面は重機が作業する足場がな

いことから、次の2つの機械化案を検討。

### 機械化案①：仮設足場構築による機械掘削

掘削法尻予定高さに小型バックホウの作業足場を仮設し、足場上より掘削する。（小型バックホウは既設ケーブルクレーンにより足場上へ運搬）

### 機械化案②：特殊斜面掘削工法の採用

この工法は、従来の掘削重機では登坂・掘削作業が行えない「急傾斜面」上において、「特殊改造を施したバックホウ」を上部アンカーからワイヤーロープにて吊り下げられた状態で斜面の掘削、切崩し等を、効率的且つ安全に施工が行える。

斜面上部に設置したアンカーと、掘削機械本体に搭載した油圧ウインチに巻取り設置された高強度ワイヤーを接続し、ウインチの巻取り・巻戻しと走行装置を連動駆動させることにより、掘削機本体を斜面上で上下左右に移動させることを可能としている。

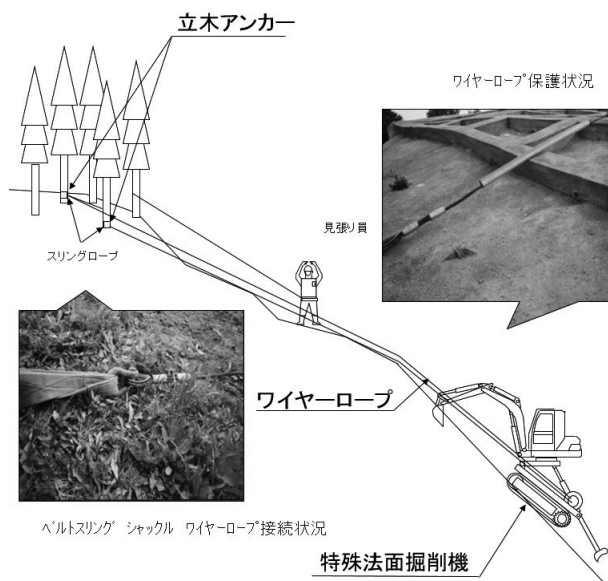


図-4 特殊斜面掘削工法

機械化案①は、今回工事以前での上部においても採用されてきたものである。

2t以上の重機が作業する単管足場を堅固（単管ピッチ通常1.0m→0.8m）に設置する必要がある大掛かりな人的作業量と資材量が必要となる。

また、足場への掘削土砂載荷やキャリアダンプでの土砂運搬による足場への負荷増大、掘削に伴

い土砂崩落が発生した場合はその衝撃により足場が倒壊、バックホウ転落のリスクが想定された。

**機械化案②**については、バックホウを吊り下げでの作業ということもあり、ワイヤー破損やアンカー引き抜けによる転落のリスクが容易に想定されたが、アンカー引張試験実施（安全率1.7）、や日々のワイヤー点検等によりリスク要因を排除、逆にワイヤー固定により、掘削時の土砂崩壊発生に際し巻き込まれ転落するリスクが少ない。

以上のことから、問題①に対しては**機械化案②**である特殊斜面掘削工法を採用することとした。

**問題②に対する工夫・改善**

急峻な斜面上での横断測量や丁張設置、また、掘削作業に伴う高さ、勾配等の施工管理は、法面からの転落の危険性や斜面崩落に対する巻き込まれ等の危険性が高まることから、人力での作業や立ち入りを極力排除するため、特殊斜面掘削機に3DMG（3次元マシンガイダンス）システムを搭載したICT施工を採用することとした。

掘削機本体は測位システムと各種センサーでバケットの刃先の3D位置情報をリアルタイムに計測が可能となる。

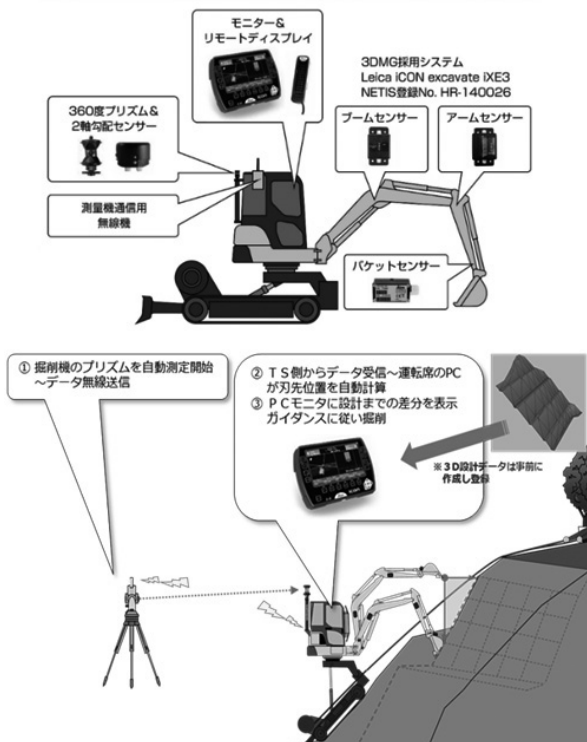


図-5 3DMG法面システム構成

着手前空撮測量の「三次元点群データ」と、計画時に作成した「3次元設計データ」との差分を三次元モニターで確認しながらオペレーターが掘削を行っていく。

そのことにより、丁張の設置が不要であり、掘削途中における測量や施工管理も必要としないため、危険個所に人を立ち入らせない工夫による安全性向上を図った。



図-6 三次元モニターによる掘削箇所確認



図-7 MGシステムによる法面掘削

事前に行う着手前測量にはUAVによる三次元空撮測量を計画した。

通常、GPS測位を前提としたUAV測量では、要求される精度を達成するために計測対象範囲の外縁及び内部に100m以内の間隔で標定点を設置、そして、精度検証のため200m以内の間隔で検証点を設置しなければならない。

しかし、当現場は急峻で複雑な斜面上であることから、「標定点」や「検証点」を置くこと自体も危険性が高いこと、加えて高低差の大きい斜面の測量となることからUAVの対地高度を一定に

保つことが困難であり三次元点群データの要求精度をクリアできるか不安要素があること。

以上2点のことを考慮し、RTK-GNSS方式によるUAV測量を実施することとした。

RTK-GNSS方式によるUAV測量は、地上に設置する「RTK基地局」とRTK機能搭載ドローンの「移動局」とで相互連携、GNSSシステムで高精度な位置情報データを取得しながら撮影することができる。

それによりcmレベルの高精度な測量が可能であることから、精度確保のための「標定点」の設置を不要とすることができた。

精度確認のための「検証点」については安全な斜面下部の道路に点設置することとした。

測量後の座標間較差は4点すべてにおいて基準値内、最大でも1.6cm差という結果を得た。

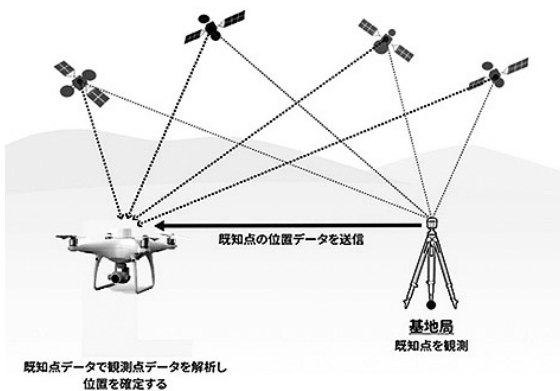


図-8 RTK-GNSS方式のイメージ

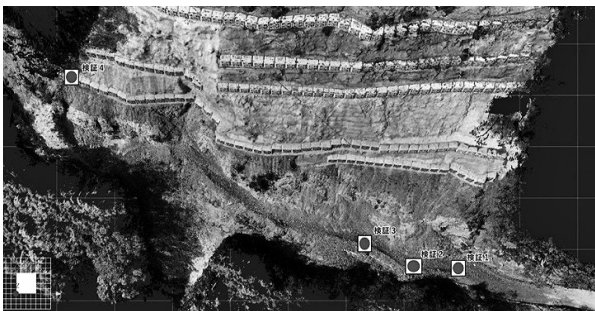


図-9 安全な箇所での検証点設置

#### 4. 適用結果、効果

人力作業を機械化作業に変更したことで、転落墜落の危険性の高い斜面での人力作業を最大限低減、安全に施工を完了することができた。

更には掘削機に3DMGシステムを導入したことにより、丁張設置や掘削中の施工管理不要とすることで人的作業の排除=人的災害リスクの軽減を図り、人を立ち入らせないことによる墜落・転落に対する安全作業環境の向上が図れた。

また、重機作業周辺での測量作業、法面整形補助者も必要ないことから、重機と作業者の接触災害防止にも大きな効果があった。

その以外にも、UAV測量や三次元設計データ等のICT技術活用により全体工程として約8割の作業効率化も図れた。(表-1)

表-1 導入効果比較表

		人力土工	ICT土工	備考
着手前 測量	現場測量	4日 8人	1日 2人	従来は光波測量 ICTはUAV空撮測量
	効率化率 70.0%	2日 2人	1日 1人	
施工	丁張り設置	3日 6人	0日 0人	従来施工は人力施工
	掘削	40日 80人	15日 15人	
	法面整形補助	8日 8人	0日 0人	
全体比較	効率化率 82.7%	57日 104人	17日 18人	

#### 5. おわりに

現在、建設業界では担い手不足解消のため、生産性向上等を旗印に土工を中心とした建設施工、建設機械に対するICTの全面的活用を加速度的に進めている。

そのような中、今回の現場では、急斜面、脆弱土質という条件の中で作業者がより安全に作業できる作業環境構築を図ることを最優先課題としてICT導入を図った。

作業者が転落するリスクが大きい斜面での掘削作業だけに、特殊法面掘削機での3DマシンガイダンスによるICT法面掘削の導入は、一般的な現場でのICT施工に比べて安全性に対する効果は高い。

今後も、悪条件の現場でこそ積極的にICT施工を導入し、リスクゼロの作業環境を構築していきたい。