

「有峰二の谷」における 「無人化施工+ICT施工」の取り組み

金山 鳩馬¹・新谷 紘平²

¹立山砂防事務所 水谷出張所 係員 (〒930-1406 富山県中新川郡立山町芦嶺寺松尾3番地)

²立山砂防事務所 水谷出張所 出張所長 (〒930-1406 富山県中新川郡立山町芦嶺寺松尾3番地)

斜面崩壊のリスクが高い「有峰二の谷」において、砂防堰堤新設のための砂防導流堤等の設置を無人化施工にて実施した。「距離や奥行きがわかりづらい」、「人の立ち入ることが出来ない」無人化施工において、ICT建機を施工内容に応じてMCとMGを使い分けて併用し、掘削時の過堀り防止やブロック据付時の補助を行い、また、BIM/CIMの活用による現場の「見える化」を以て、施工計画の検討や作業員の理解補助を行い、施工性・品質・安全性・生産性の向上を図った。

キーワード 立山砂防、有峰二の谷、無人化施工、i-Construction、ICT、MC、MG、BIM/CIM

1. はじめに

立山カルデラ内の有峰二の谷は、常願寺川流域の湯川右岸に位置しており、1858年（安政5年）飛越地震時に発生した鳶崩れによって発生した、脆弱な未固結堆積物（鳶泥）が覆っている。斜面崩壊のリスクが高く、過去には2011年8月に2度斜面崩壊が発生した。（図-1）

崩壊規模は幅100m、長さ50m、層厚30m、この際の崩壊土量は約22万m³とされており、湯川本川まで土砂が流出、堆積した。

これに伴い、有峰二の谷から発生する土石流の捕捉および流出土砂量の調整を目的とした「有峰二の谷砂防堰堤」の設置が計画された。

本稿では、「R6 有峰地区渓岸対策（二の谷）工事」における無人化施工とICT施工の併用およびBIM/CIMを活用した施工計画の検討、管理の取り組みについて報告する。



崩壊前(2011. 6撮影)

崩壊後(2011. 10撮影)

図-1 二の谷斜面崩壊前後写真

2. 本工事の概要

本工事の概要を表-1に示す。「有峰二の谷砂防堰堤」の施工を行うにあたり、砂防堰堤工事の有人施工エリアを確保するため、掘削工として二の谷の河道内に堆積した土砂を掘削および運搬、仮設工として異形ブロック（4t）の運搬、据付、巨石積（空）や大型土のうでの導流堤の設置を無人化施工で行う工事である。（図-2）

表-1 工事内容（無人化施工） ※一部抜粋

砂防土工 (掘削工)	掘削（岩塊・玉石） 4,600m ³
	土砂等運搬（岩塊・玉石） 1式
仮設工 (砂防導流堤工)	床掘（岩塊・玉石） 130m ³
	盛土（締固め無） 600m ³
	異形ブロック（4t）運搬・据付 107個
	巨石積（空） 134m ³
	大型土のう（中詰コンクリート） 46個

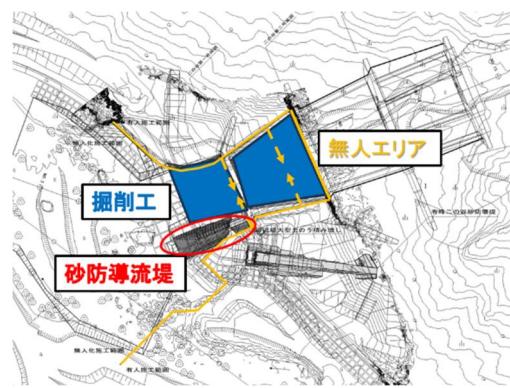


図-2 「R6 有峰地区渓岸（二の谷）工事」平面図

3. 無人化施工の課題

無人化施工とは、建機オペレーターがキャビンではなく遠隔の場所から目視およびカメラ映像等を駆使することで、プロポにより無人化建機を遠隔操作するものである。なお、当工事においては湯川を挟み、有峰二の谷の対岸に遠隔操作室を設置した。(図-3)

無人化施工では、通常の有人施工のように建機オペレーターがキャビン内から目視で作業箇所を確認することができないため、「距離や奥行きがわかりにくく」、作業効率が劣る。

また、無人施工エリアに人が立ち入れない現場条件のため、現地状況の把握や出来形の確認が困難である。

これらの課題を解決すべく、ICT技術とBIM/CIMを導入し、「距離や奥行きがわかりにくい」、「人の立ち入れることが出来ない」本工事での無人化施工の補助を行った。



図-3 工事概要図¹⁾

4. 無人化施工とICTの併用

掘削工並びに砂防導流堤工における床掘・巨石積(空)の設置において、マシンコントロール(以下MC)を導入した。MCとは、建設機械の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分に基づき、油圧の制御により操作を半自動で行う技術である。操作を半自動で制御するため、経験の浅い重機オペレーターでも精度の高い施工が可能となる。

また、ブロック据付にはマシンガイダンス(以下MG)を用いた。MGとは、建設機器の位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分をオペレーターへ提供するシステムである。

次項より、それぞれの取り組みについて説明する。

(1) MCを併用した掘削工並びに砂防導流堤工における床掘

掘削形状およびブロック据付床面の3次元データを作成し(図-4)、MCによりバケットの稼働範囲を制御した。

遠隔操作者は、カメラ映像を映し出すディスプレイとICT専用モニターを確認しながら施工を行った。(図-5)

これにより、過掘りを防止し、ブロック据付時に重要な床付面を正確に整形することが可能となった。(図-6)

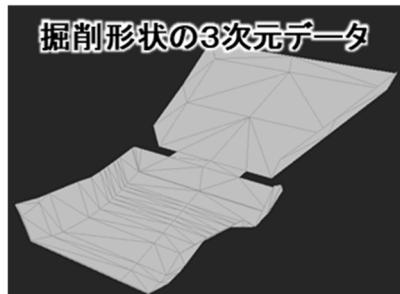


図-4 掘削形状3次元データ



図-5 操作室モニター



図-6 掘削状況

(2) MCを併用した巨石積(空)

巨石積(空)の3次元データを作成し、巨石積(空)の設計表面(最突出部)を構成した。(図-7)

無人バックホウにて巨石をおおよその位置に置き、MCにより、設計表面まで無人バックホウのバケットで巨石を押し込むことで巨石積(空)の設計表面を正確に把握し施工を行った。(図-8) (図-9)

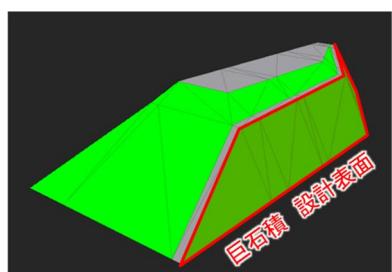


図-7 巨石積(空)3次元データ



図-8 MC操作状況



図-9 巨石積（空）設置状況

(3) MGを併用した異形ブロック据付

ブロック積みの3次元データを作成し、一つ一つのブロック中心の座標を算出する。その後MGにより、バッカホウに備え付けられた専用保持装置の先端の座標

(X・Y)をICTモニターに表示し、専用保持装置の先端をブロック中心の座標に合わせることでブロックの位置を正確に把握し据付を行った。（図-10）（図-11）

その際、ブロックの方向は重機リース会社の試行技術である「ブロック積み方向ガイダンス」を併用することで、設置方向を把握した。



図-10 ポイント誘導ガイダンス



図-11 MG操作状況

5. BIM/CIM活用による現場の「見える化」

3章で述べたように、無人施工エリア内では作業員の立ち入りが不可能であるため、現場との照査が難しい。

そのため、UAVによる3次元起工測量を行い、現況の3次元モデルを作成し、BIM/CIMを導入することで現場の「見える化」を行い、作業計画の検討補助、現地状況の理解促進を図った。（図-12）

BIM/CIM活用の取り組みとして、現況地形モデルと施工対象物のモデルの重ね合わせを行った。既設構造物と新設構造物の干渉有無を容易に確認することが可能となった。（図-13）

また、現場条件の確認も容易に行うことが可能となり、無人化建機配置計画や作業計画を高精度で行うことが出来た。

さらに、3次元モデル・施工ステップ動画を用いて現場作業員への解説を行うことにより、現地を目視で確認することが困難な無人施工エリアの作業でも工事の流れを容易に把握できるとともに、ステップごとの作業計画における検討材料として使用することで、工事内容の理解補助を行った。（図-14）（図-15）



図-12 3次元統合モデル¹⁾

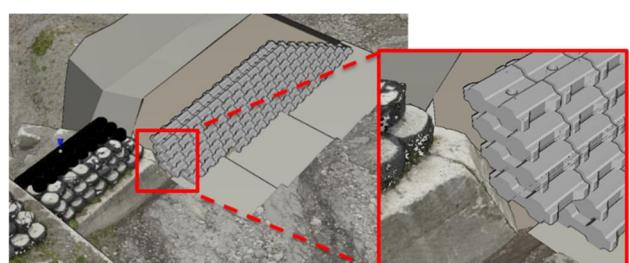


図-13 重ね合わせによる干渉有無の確認BIM/CIM¹⁾



図-14 現場作業員等への説明

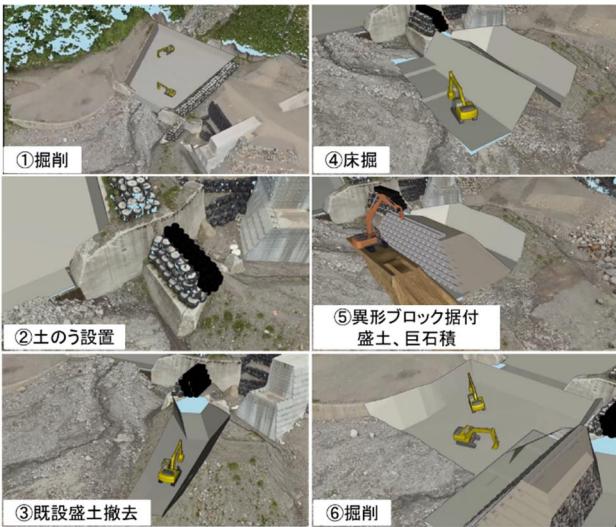


図-15 3D施工ステップによる作業手順の確認

6. 無人化施工技術の育成

無人化施工技術の育成を目的に、工事受注者等を対象として、無人バックホウ操作体験を行った。(図-16)

機械、機器説明では、バックホウに搭載されたカメラの種類や位置、各通信の種類と方法の説明を行った。(図-17)

無人バックホウ操作体験会では、参加者全員が遠隔操作室で、「掘削→旋回→土砂空け→戻す」の操作を体験した。

遠隔施工により、オペレーターが危険な箇所で掘削機械に搭乗し作業をする必要がなく、安全に施工が出来るメリットがある一方、操作体験者からは「操作と重機の動きにタイムラグがある」「モニターと現場を見ながら操作するのが難しい」などの声が上がり、無人化施工のデメリットも認識することが出来た。



図-16 無人バックホウ機械、機器の現場説明



図-17 無人バックホウ操作体験の様子

7. まとめと今後の展望・課題

本工事では無人化施工により掘削工および砂防導流堤工を行った。掘削工、および砂防導流堤工における床掘、巨石積(空)についてはMCを導入することで、過掘りの防止、巨石積(空)の施工を可能にした。

異形ブロックの据付についてはMGにより測量作業を要することなく据付精度の確保が可能となり、作業効率の向上に貢献した。

無人化施工とICT技術の併用により、「距離や奥行きがわかりづらい」という課題を解決し、施工性・品質・安全性・生産性の向上に寄与した。

また、BIM/CIMを導入し、3次元モデルの重ね合わせにより、「人の立ち入りが出来ないため、現場との照査が難しい」という課題を解決し、現場条件確認の簡易化、施工能力の向上に寄与した。

今後の展望としては、砂防堰堤工を無人化施工する際に、今回用いた異形ブロック据付の技術を型枠ブロックの据付に利用することが可能となることを期待している。

また、立山砂防事務所として弥陀ヶ原火山噴火時緊急減災対策砂防計画対応がある中、本工事では二の谷対岸に遠隔操作室を設置したが、R7年度工事では実験的に現場から約1.5km離れた水谷平(受注者寄宿舎)や約9.5km離れた立山砂防事務所からのWi-Fiを利用した遠隔操作を実施する予定である。

重機の搬入という課題はあるものの、事務所や受注者本社から遠隔での施工が可能となるならば、さらなる施工性、生産性の向上を見込めるだろう。

謝辞：本論文を作成するにあたって、ご指導いただきました立山砂防事務所の方々に感謝申し上げます。また、資料の提供等ご協力いただきました株式会社岡部の皆様に深謝いたします。

参考文献

- 上田悠輔、山田孝：無人化施工における建機転倒・転落防止策について、2024、令和6年度立山砂防関係工事安全施工管理技術研究発表会