

# 有峰二の谷地区における取り組みと課題について

渡邊 創士<sup>1</sup>・本田 正和<sup>2</sup>・徳野 正統<sup>3</sup>

<sup>1</sup>立山砂防事務所 水谷出張所 (〒930-1406 富山県中新川郡立山町芦峯寺字松尾3番地)

<sup>2</sup>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峯寺字松尾3番地)

<sup>3</sup>立山砂防事務所 水谷出張所 技術係長 (〒930-1406 富山県中新川郡立山町芦峯寺字松尾3番地)

有峰二の谷地区では2011年に大規模な土砂崩壊が二度にわたり発生し、降雨時には土石流が発生する恐れがある。このため二の谷直下での施工は危険を伴うことから無人化施工を併用した堰堤の施工を行っている。本報告ではその取り組みと課題について報告する。

キーワード 砂防事業、無人化施工、ICT

## 1. はじめに

立山カルデラ内の有峰二の谷は、常願寺川上流の湯川右岸に位置しており(図-1)、2011年8月に二度にわたって斜面崩壊が発生した。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 $m^3$ と想定されており、湯川本線まで土砂が流出した(写真-1)



図-1 立山カルデラ全景と有峰二の谷の位置



写真-1 有峰二の谷斜面崩壊地全景

この土砂流出により大量の土砂が湯川本川河道に蓄積するとともに、直下流に位置する有峰第二号砂防堰堤の袖部が損傷・埋没する被害が生じた。崩壊地周辺は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。これに伴い、有峰二の谷から発生する土石流の捕捉及び流出土砂量の調整を目的とした砂防堰堤が計画された。有峰二の谷の工事箇所はすぐ上流に崩壊発生源があるため、土石流を土石流検知ケーブル等で感知したとしても、避難が間に合わない場所である。当初の計画では、氾濫シミュレーターを基に、『想定される土石流が到達されると考えられる範囲であり、土砂流出時の退避時間が十分に得られない恐れがある場所。』を無人化施工エリアと設定した。(図-2)

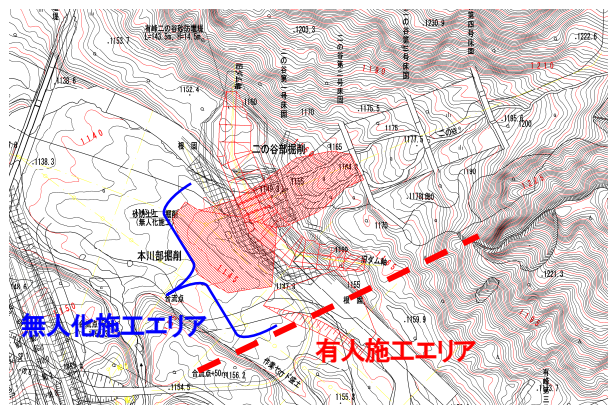


図-2 無人化エリアの設定

そして2013年より無人化施工と有人施工を併用した砂防堰堤工事が開始した。上記箇所では受注者提案のもとICT技術を導入した無人化施工を実施している。本報告

では、平成31年度に有峰（二の谷）地区溪岸対策工事で実施した、ICT無人化施工の取り組みと課題について報告する。

## 2. 工事概要

平成31年度工事の概要を表1に示す。無人化施工エリアでは有峰二の谷直下の河床掘削、土砂運搬、導流堤の盛土、大型土のう設置を無人化で施工した。

工事名	H31 有峰（二の谷）地区溪岸対策工事
受注者	株式会社 岡部
工事概要 有人化施工	掘削（砂防） 580m <sup>3</sup> 土砂運搬（砂防） 580m <sup>3</sup> 埋戻し 220m <sup>3</sup> 整地 330m <sup>3</sup> コンクリート堰堤工 一式
無人化施工	掘削（砂防） 7,700m <sup>3</sup> 土砂運搬（砂防） 7,690m <sup>3</sup> 盛土工（流用土） 2,500m <sup>3</sup> 大型土のう 345個

表-1 平成31年度工事概要（最終数量）

使用機械及び設備等は、14m<sup>3</sup>級遠隔操作バックホウ、0.8m<sup>3</sup>級遠隔操作バックホウ、0.45m<sup>3</sup>級遠隔操作カメラ車、11 t 級遠隔操作不整地運搬車、遠隔操作室、各種固定カメラ機器、重機積載カメラであり、有峰二の谷対岸に遠隔操作室を設置、目視及びカメラ映像を基に遠隔による重機操作を行った。

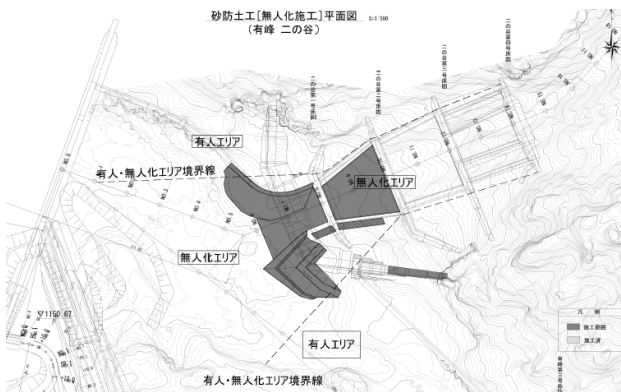


図-3 平成31年度平面図

## 3. 無人化施工におけるICT技術導入の経緯

### (1) ICT技術の導入経緯

平成30年度に同現場で無人化施工を行った際、生産性・安全性の面から問題が見受けられた。

生産性では作業効率の低下が挙げられる。無人化施工では丁張設置が出来ない為、出来型管理はTS（トータルステーション）測量を繰り返し、掘削地盤高さを確認する必要がある。この方法では測量者と重機オペレーター間の連絡は無線連絡のみとなり、「何処を掘削し、残りどれだけ掘削するのか」がオペレーターに伝わりづら

く、作業効率が低下した(図-4)。また平成31年度工事では丁張が無い状態で盛土を行うため、設計の形状（位置・幅・法勾配）を施工するのは困難であり出来型の確保・管理が不可能であると判断した。

安全性では、重機の転倒リスクが挙げられた。遠隔操作の場合、目視での重機足場の凹凸の程度が確認できない。カメラ映像でも立体感や遠近感がなく凹凸の確認が困難である(写真-2)。平成30年度工事ではクレーンバケットの動きにより地盤傾斜を想定し重機を操作していた。これではオペレーターの熟練した感覚のみに頼ることとなるため重機の破損や転倒のリスクが大きかった。

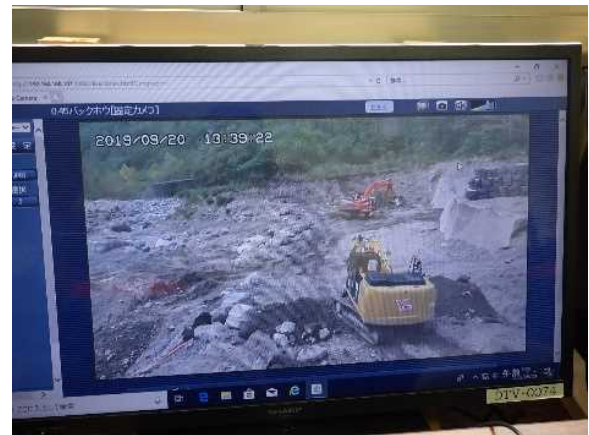


図-4 平成30年度の掘削作業時測量（無線連絡）

写真-2 カメラ映像

上記の問題点から、目視とカメラ映像では見えない情報を可視化し、掘削高さ、位置情報をリアルタイムで把握・操作できるICT技術の導入が施工品質や生産性・安全向上につながるとし導入に至った。

### (2) 対策工法決定

ICT施工の検討にあたり、丁張を必要とせず、バックホウ爪先の高さ情報から現況地盤高を把握可能なICT技術の一つである、MG（マシンガイダンス）バ

ックハウの導入を決定した。しかし、導入に当たり一つ問題点が生じた。通常のICTバックホウはキャビン内にICTモニターが固定され位置情報、高さ情報が表示される。本工事は無人化施工であり遠隔にて操作する事になるため、ICT技術の導入にはバックホウキャビン内ではなく、遠隔操作室内でリアルタイムに確認する技術的な工夫が必要であった。

本工事では請負業者の要望のもと、協力業者が独自に開発した無線システムを用い、タイムラグのないICTモニターを遠隔操作室内に設置することが可能となった(写真-3)。これにより、遠隔操作MGバックホウの導入が実現した。



写真-3 MGバックホウのICTモニター (遠隔操作室)

ICT技術導入後の土工作業を、従来の無人化施工と比較すると表-2のようになる。測量時間については従来、常時TS測量にて形状確認を行っていたが、MGバックホウの導入により測量時間が8分の1にまで縮減され、短縮時間で他の管理を行うことが可能となった。その結果、工事全体の管理を余裕を持って行うことができ、生産性向上につながった。また、ICTモニターによりカメラ画像だけでは把握できない計画情報及び現況地盤情報がリアルタイムで得ることができた。結果、連続的な重機作業が可能となり、重機稼働率が従来の2倍となった。

盛土についても、従来の丁張無しで遠隔から完成形状が把握できない状態での施工は、余盛りが大きくなり、一定勾配に仕上げるのが困難であった。しかしICT技術の導入により、ICTモニターでの盛土形状確認が可能となった。それにより、施工速度が約2倍になったと想定される。

## (2) 安全性向上効果

安全性の課題については先述したとおり、従来は遠方からの目視とカメラモニターで重機足場や重機の傾きを確認していた為、地盤面状況把握が困難であり転倒のリスクが大きかった(表-3)。今回、ICT技術であるMGバックホウにて、施工箇所内の標高を数値で確認することで、高低差を明確に把握することができ、重機足場の危険箇所を可視化することが可能となった。(図-5) これにより、機械の破損・転倒のリスク低減につながった。

## 4. ICT技術導入による効果

### (1) 生産性向上効果

項目	従来の無人化施工	ICT無人化施工	導入効果
生産性	施工中はTS測量 (1人が専任で測量 240分/日程度)	施工前、施工中に精度確認 (1日30分程度)	測量時間の縮減率 (240-30min)/240min = 87.5%縮減 (従来の1/8)
	TS測量情報を無線で伝達 最低2回以上測量 (現地盤・掘削後の高さ) (測量時間1回当たり1分)	運転手がICTモニターを 常に見ながら運転操作が可能 (地盤情報が即時把握可能)	測量中の重機停止がなくなり 連続的な作業が可能(稼働率2倍)
	盛土完成形状が 把握できない TS測量の場合 推定: 5.8分/m <sup>2</sup>	ICTモニターで盛土形状確認 (高さ・幅・法勾配を補助 実績: 2.4分/m <sup>2</sup> )	今回施工面積(600m <sup>2</sup> ) 従来: 7日 ICT施工: 3日 (施工速度2倍以上)

表-2 ICT技術導入による生産性比較

項目	従来の無人化施工	ICT無人化施工	導入効果
安全性	運転手自らがカメラ映像+遠方からの目視で地盤面を確認。 ↓ 地盤面の凹凸把握が困難。	運転手自らが掘削箇所の地盤高さや作業位置を常時把握できる。	ICT情報により重機周囲の地盤面の高さが把握可能になり、安定した重機足場の確保が可能になった。
		ICTモニターの電子水平器によって離れていても機械の傾き状態が把握可能。	今までは目視と感覚を頼りに施工をしていたが、目視ではわからない詳細な傾きも把握でき、より安全な施工が可能となった。

表-3 ICT技術導入による安全性比較



図-5 MGモニターによる高さ・水平確認

←高さが確認できるため、周辺の高低差が判別可能

←電子水平機により、重機の詳細な傾き状態が明確化

重機の遠隔操作室ではカメラ映像・目視・ICTモニターの3カ所を見ながら操作をすることになるが、それらの操作が複雑になることで、余計に集中力と手間が必要となりオペレーターの負担が増えている。



写真4 新たに導入したICTモニター

## 6. 考察及びまとめ

ICT技術の導入により測量時間の短縮や、重機オペレーターがリアルタイムで現況地盤を把握可能になったことで、施工品質の向上や生産性・安全性の向上効果が得られた。また通常のICT施工同様、ICT施工に必要な設計データを基に、掘削・盛土の完成形をパソコン画面で説明できるため、オペレーターへの説明が容易となり円滑化につながった。

### (2) 出来形精度の向上

前回工事では、基準高及び法長の測定による出来形管理を見込んでいた。しかし、施工中に発生した土石流によって土砂が堆積した。そのため掘削、整地に時間を要し、当初予定していた管理が行えず掘削土砂の搬出数量による管理となった(表-3)。今回工事でも、土石流は発生したが、ICT技術によって重機の稼働率が向上したことで、復旧作業が短縮し、UAVによる出来形管理が可能となった。出来形測定結果は、湯川合流付近の平場で85.4%・法面で77.5%が規格値の50%以内と施工精度も良好であることも確認された。

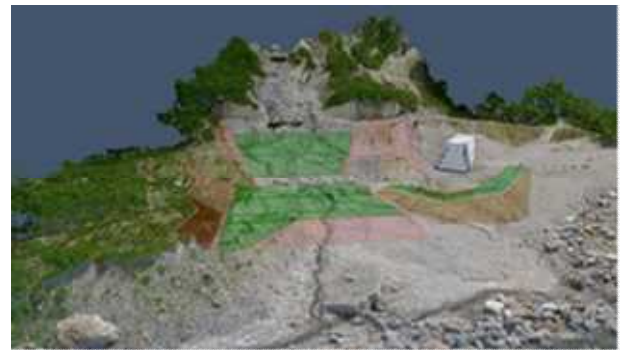


写真-5 3次元設計データ

## 5. 最新機器導入の効果と課題

令和2年度工事では新たな取組みとして、3D表示が可能なタッチパネル式ICTモニターを導入した。

3D表示が可能となり、より詳細な掘削状況把握が行えるようになった(写真4)。しかし同時に操作が複雑化したため、扱いにくいとの意見がオペレーターから出た。

以上の結果から、無人化施工におけるICT技術は今後必須と言って良い技術だと考える。

今回工事では、MGバックホウを導入したが、遠隔操作MGバックホウでの施工は、通常バックホウの熟練の経験者でも、操作に慣れるまで時間を要した。カメラ映像に加え、ICTモニターも見ながらの遠隔操作となるため、オペレーターの負担が大きい。

項目	従来の無人化施工	ICT無人化施工	導入効果
出来形	掘削土砂の搬出数量にて管理	UAV測量による面管理 + TSによる出来形管理	ICT技術により、面での出来形管理も良好。ばらつきも規格値内の 【80%以内】平場:97.3% 法面:95.9% 【50%以内】平場:85.4% 法面:77.5%

表4 ICT技術導入による出来形管理比較

今後は MC(マシンコントロール)バックホウを導入することで、重機操作の補助を強化し、ある程度経験をもった重機オペレーターであれば、容易に正確な操作が出来るのではないかとと思われる。新たに導入した 3D 表示が可能なタッチパネル式 ICT モニターについても、操作の複雑化について改良の余地はあるものの、掘削状況や高低差の明確化が得られる為、今後導入していくべき技術といえる。

無人化施工では、慣れない操作や緊張感からオペレーターの疲労が想像以上に大きいことが判明した。今回従事したオペレーターから『遠隔操作のレバーが小型であり操作感が軽く操作加減が難しいことが、疲れる原因の一つだ。通常重機と同じレバーであれば現在より安全性、操作性も向上するのではないか。』との意見があった。重機仕様の問題なため簡単に解決できないが、今後の課題として検討していきたい。

謝辞：本論文を作成するにあたって、様々なご指導いただきました立山砂防事務所の方々に深謝いたします。そして本論文を作成する際の資料提供等ご協力いただきました、株式会社岡部の皆様に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 株式会社 岡部 川島大樹  
「無人化施工における ICT 技術の導入について」
- 2) 西川一・西村友之・栗原美里  
「立山カルデラ有峰二の谷崩壊メカニズムにおける一考察」