

25 安全管理

日本三大秘境宮崎県椎葉村で 未来型無人化施工への挑戦

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部長
河野 義博

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：令和2年度災関砂防第1-3号
鹿野遊谷川砂防堰堤工事
- (2) 発注者：宮崎県日向土木事務所椎葉駐在所
- (3) 工事場所：宮崎県東臼杵郡椎葉村下福良
- (4) 工期：令和3年6月22日～
令和4年12月20日
- (5) 主要工種
軟岩掘削（無人化） $V=2,600\text{m}^3$
上部法面掘削工（ICT） $V=900\text{m}^3$
モルタル吹付工 $A=670\text{m}^2$
砂防堰堤コンクリート $V=1,100\text{m}^3$

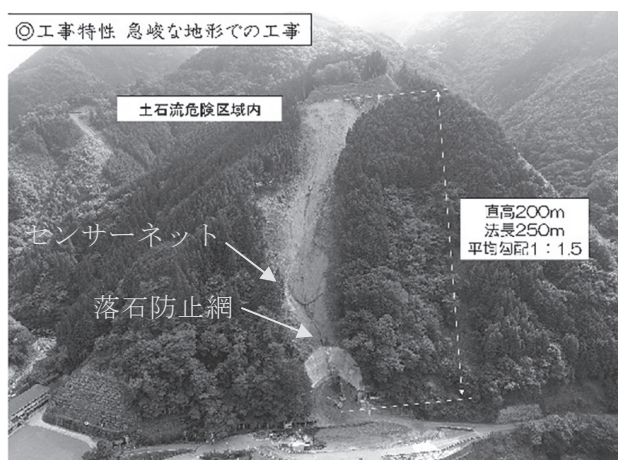


図-1 工事現場全景

2. 現場における問題点と課題

この工事は、2020年9月の台風10号の影響により、宮崎県椎葉村にて斜面が崩壊し地元建設会社が被災した現場である。

この被災現場に砂防堰堤工が計画されており、背面には当時崩壊したままの状態の斜面最下部（直高200m、斜長250m、平均勾配1：1.5）に砂防堰堤を施工する工事である。

このため、当初設計段階で無人化バックホウを使用した掘削工が計画されている。

また、砂防堰堤背面掘削開始点より10m程度上方の法面上に、別途工事で落石防止網工が設置されている。当初設計により前述の施工条件となっているが、土石流危険区域内での工事であることから、事前の安全対策を十分行うようにと設計図書に以下の記載があった。

本工事は、労働安全衛生規則に定める土石流の発生するおそれのある現場であるため、工事の施工にあたり、同規則に基づき十分な資料収集を行い、工事内容を踏まえた安全対策を実施すること。

弊社の基本方針『安全はすべてに優先する』を遵守した施工計画の立案が最大の課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

手始めに工事全体の危険リスクを見積もるため、弊社独自のリスク低減手法としてライオンのリスク低減策を用い安全対策を検討することとした。

鹿野遊砂防におけるリスク低減策

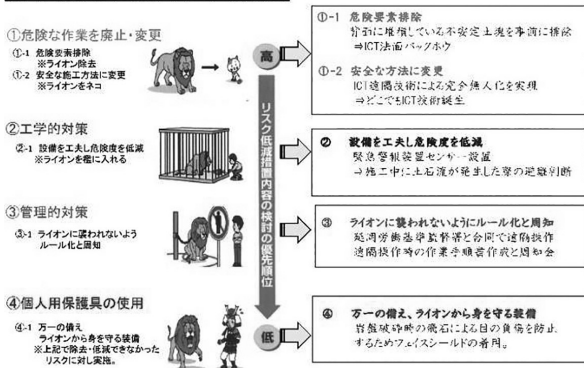


図-2 リスク低減策

上からリスク低減措置内容の検討の優先順位が高い項目である。1項目ずつ解説していく。

①-1 危険要素を排除

ライオンがそこに居るから危険なのである。それならば排除する方法を考えてみる。

法面上に土石流の危険性を含んだ不安定土塊(ライオン)が残ったままだから危険なのである。事前に除去すれば良い。

ワイヤーロープを命綱にして急斜面を自在に移動し掘削が可能なクライミングバックホウを使用して不安定土塊の撤去を行った。更に急斜面での丁張設置作業を無くすためにICTマシンガイダンス技術をミックスし掘削を行った。

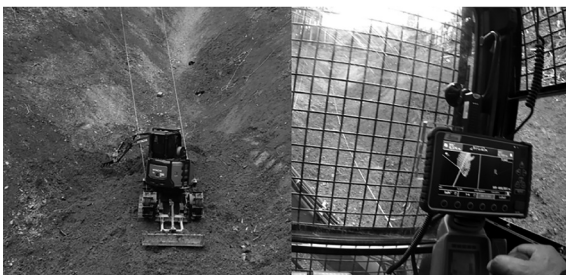


図-3 斜面ICT施工状況

①-2 安全な方法に変更

そこに居るのがライオンではなくネコであったら危険ではなくなる。繰り返しになるが、この工事は無人化バックホウを使った掘削工事が当初設計段階で計画された工事である。

無人化バックホウを遠隔操作すれば人が介在しないので安全と単純に考えられるが、構造物を造る建設工事では掘削に丁張が必要である。

ここに作業員が介在する要素が存在する。

下の図は遠隔操作で丁張を確認しながらオペレータ自身が掘削している様子を3Dモデルで分かりやすく説明したものである。

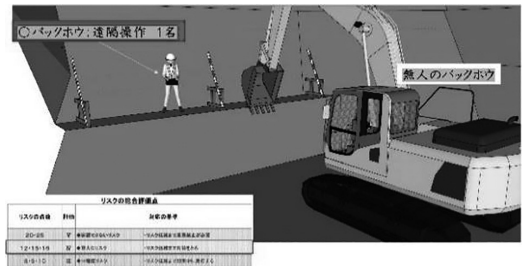


図-4 無人遠隔操作3Dモデル

そこで、i-constructionの施策に従いICTを活用すれば、安全施工が可能ではと考えたが、現在の市販技術では遠隔で使用可能なマシンガイダンスシステムは存在せず、ICTモニターが車載式のため、作業員が搭乗することが必須となり、無人化バックホウとトレードオフの関係が成立する。

【リスク3】 バックホウに搭乗ICTで施工 危険区域に常時1名 ※ICT技術と無人化技術がトレードオフの関係

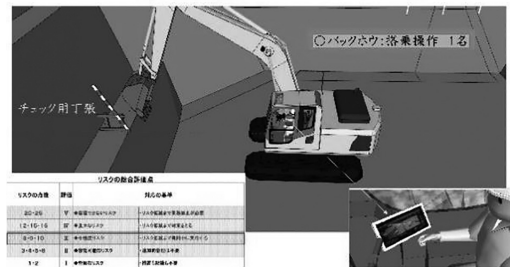


図-5 ICT施工は搭乗必須

何とかしてバックホウの外でICT技術が使えないか試行錯誤を開始。室内のICTモニターを外部のタブレット等で見る事ができれば、遠隔ICT施工が可能ではないかと考え、室内にカメラを設置。

ICTモニターに照準をあわせインターネット回線を使用してiPadで見れるようにしたが以下の問題点が確認された。

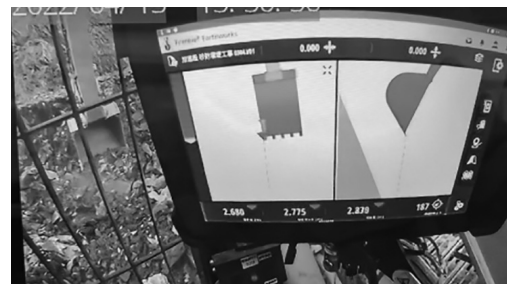


図-6 試行錯誤の遠隔ICT

【問題点1】

山間部のためインターネット環境が悪く数秒～数分単位で映像遅延が発生。最悪フリーズする場合もあった。

【問題点2】

バックホウの振動によりカメラが傾きモニターを30分以上捉えられない。

カメラ調整のため現場内に立ち入る機会が多く完全無人化施工に向けた課題解決は難しいのではないかと思われた。

試行錯誤を繰り返しながら、同時進行で弊社とタグを組んで無人化施工に協力してくれていた建設機械リース会社に技術開発要請をしており、一緒に検討を重ねていたが、ついに外部タブレットにICTモニターを映し出すことに成功した。

映像遅延もほぼなく、画面もクリアに見えるため、三脚にタブレットをセットしオペレータの任意の立ち位置でICT施工が可能となった。

この現場で生まれたこの技術を『どこでもICT』と名付けさせていただいた。

【リスク1】危険区域内の完全無人化を達成！
現場での試行錯誤の末、ICTと遠隔操作技術の両立に成功

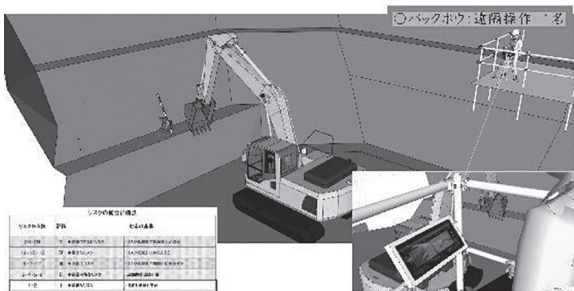


図-7 どこでもICT3Dイメージ



図-8 どこでもICT (右岸側)



図-9 どこでもICT (左岸側)

以上により、本当の意味での無人化施工が実現した。どこでもICT技術の誕生であった。

② 工学的対策

設備を工夫し危険度を低減

ライオン排除やネコに変更ができない場合は、ライオンを檻に入れるなどの設備での対策で危険度を低減させようという考え。

今回は、施工中の突然の土石流や落石が発生した際に作業中の作業員が避難できるように緊急警報装置センサーを設置した。



図-10 土石流センサー設置状況

設置位置は、砂防堰堤上部の落石防止網工より更に10mほど上部に設置し、落石等によってセンサーネットが突き破られた場合は、緊急警報と赤色回転灯で危険を知らせる仕組みになっている。令和4年9月18日の台風14号含め、施工中に4回ほど土石流が発生したが、そもそも作業中の危険回避が目的であった事から現場閉所時や夜間は電源を切っていたため警報の発動は無かった。



図-11 台風14号接近時の様子

③ 管理的対策

ライオンを除去、ネコに変更、設備対策等に加えライオンに襲われないようにルール化し、決めたルールの周知をする必要がある。

遠隔操作バックホウを使った作業は、初めての経験になるため、作業標準書・作業手順書が無い。このため新たに作業手順書を作成する必要がある。ここでは、安全のプロである延岡労働基準監督署の監督官を現場に招き、本社の労働安全衛生部長も入れて合同で遠隔操作バックホウ使用時の作業手順検討会を実施した。

その検討会結果を基に作業手順書を作成し現場内で周知会を行ったのち工事に着手した。



図-12 作業手順検討会

検討会で決まった事項の一例を記載する。

- 遠隔操作時にオペレータが現場全体を俯瞰して見れる安全な位置にステージを設けた。



図-13 遠隔操作ステージ

4. おわりに

今回の無人化バックホウを使った掘削床掘作業は、どこでもICTという技術により完全無人化が実現でき、まさに人を介在しない【無人】で施工を進めることができた。人がいない=安全となるが、土木工事でよく使われる【安全第一】という言葉。これには続きがある。

品質第二（品確法）、生産第三（ICT）と続く。

人命は尊く安全第一は当然の事である。ただし、このことで工事目的物の品質低下や経済性の悪いやり方では早期のインフラの整備による地域の安全性向上という本来の目的から大きく外れてしまう。

今回、遠隔操縦室を設け室内での遠隔操作による施工にも挑戦したが、生産性は搭乗式と比較して半分以下と大きく損なわれる状況であった。カメラの数や設置位置に課題が見受けられた。

また、映像遅延も2秒ほど発生していたため現段階においては、施工に不安を感じる状況であったことは事実である。

しかし、近い将来ICT技術の進歩により課題が解決され、室内でのICT施工に不安無く取り組める時が訪れると実感できた。なにより未来型の土木工事に挑戦できたことは大きな財産になった。

最後に、初めて取り組んだ無人化施工であったが、鹿野遊地区住民の工事への理解、日向土木事務所はじめ発注者の方々、協力会社の方々などの協力があったからこそ新しい事に挑戦できた。

この経験を未来の土木工事に活かせるよう更なる自己研鑽を積み重ねていきたい。

遠隔操縦室状況



図-14 遠隔操作室での施工状況