

土砂崩落地における無人化施工への取組について

工事名：宇奈月ダム尾ノ沼崩落土砂応急対策工事

受注者：大高建設株式会社

現場代理人：山田 飛希

○主任技術者：柏原 杏

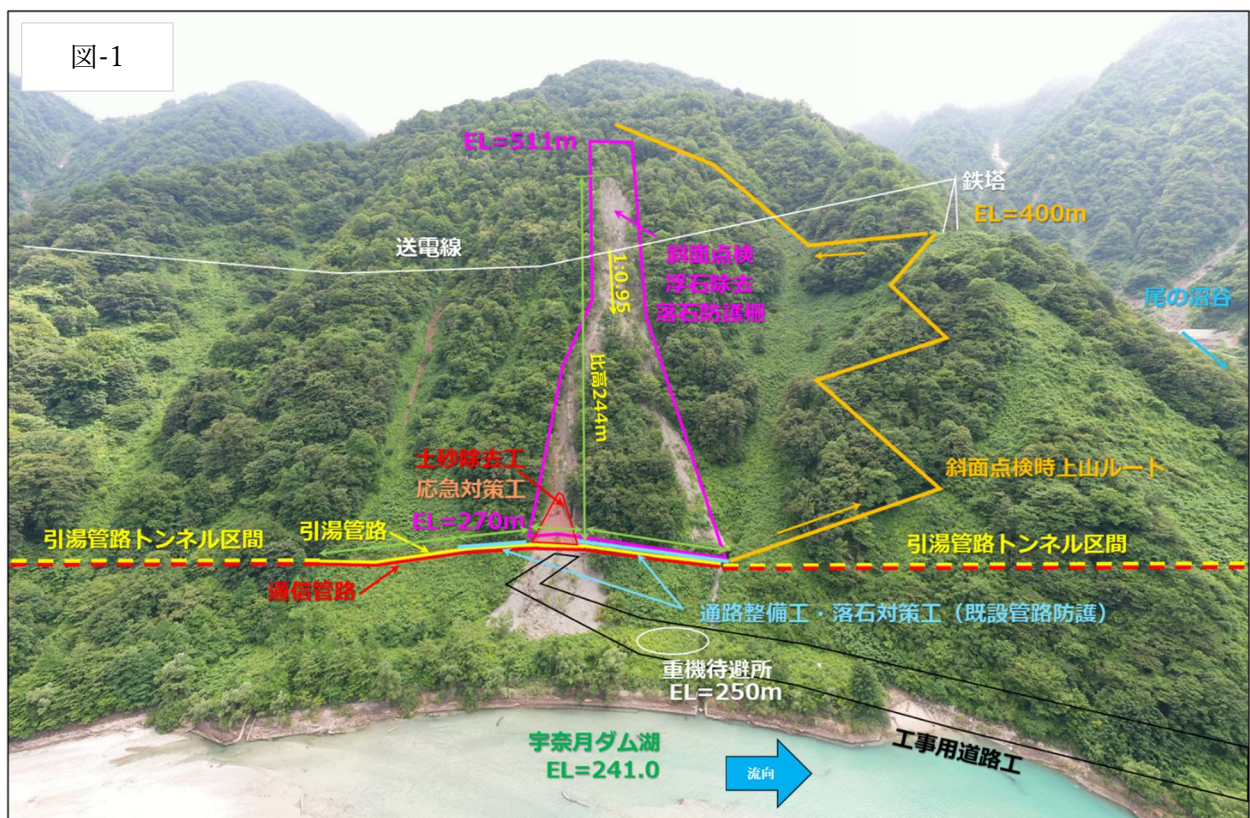
1. はじめに

本工事は、【災害時における黒部河川事務所所管施設等の緊急的な災害応急対策（河川）業務に関する協定書】に基づき、黒部市宇奈月町黒部地先宇奈月ダム貯水池左岸の引湯管路併設管理用通路で発生した斜面崩落において、崩落土砂の除去等の応急対策を行う工事である。本文は、崩落土砂の除去作業時における無人化施工への取組について報告する。

2. 工事概要

- (1) 工事名：宇奈月ダム尾ノ沼崩落土砂応急対策工事
- (2) 工事箇所：富山県黒部市宇奈月町黒部地先
- (3) 工期：令和6年8月1日～令和6年11月30日
- (4) 主要工種（図-1）

掘削工	土砂除去工（無人化施工）	1 式（1,000m ³ ）
	土砂除去工（小規模土工・人力併用）	1 式（200m ³ ）
応急対策工	管路下部盛土補強	30m ³
通路整備工	落石・落木除去	1 式
仮設工	落石対策工（斜面点検・浮石除去、落石防護柵、既設管路防護）	1 式
	工事用道路工	1 式



3. 背景

本工事は、上部約 250m からの土砂崩落災害により、引湯管と併設されている国土交通省の光ケーブルが切断される可能性があるため、応急対策として管理用通路の土砂除去を行う工事であった。しかし、崩落地の上部は極めて地山が不安定な状態であり、常に落石及び土砂崩落の危険性があったため、本工事では落石及び崩落の危険の他、急傾斜地における重機の横転、転落による人的被害を防ぐ観点から無人型のバックホウを導入し無人化施工を行った。(写真-1,2,3)



写真-1 崩落地（傾斜 1:0.95）



写真-2 通路損傷箇所



写真-3 損傷状況

4. 施工

(1) 計画

無人化施工を行う前に現場条件を確認し、機械及びオペレーションシステム操作室設置箇所の選定を行った。

○現場条件（図-2）

- ・本工事は斜面崩落地であり、現場の斜面状況が非常に悪い状態である。
- ・崩落発生地の土質は、砂利又は岩塊混じり砂質土であり、天候により落石及び不安定土塊の崩落が発生する可能性が高い。また、重機足場形成時に滑落する恐れがある。
- ・資機材搬入は引湯管トンネル又は工事用道路からに限定されている。
- ・無人型バックホウの遠隔操作可能範囲が 300m 程度である。
- ・山間部であるため、電波の流れが阻害され電波障害が発生しやすくなる。



上記の条件より、本工事では掘削量及び重機の下部旋回体の安定性を考慮して 0.8m³級バックホウを採用した。また、操作室は電波障害がない重機正面かつ重機を目視で確認でき、落石による危険性が極めて低い箇所に設置を行った。

(2) 施工

本工事では、悪天候や落石により作業中止があり作業日数が制限されることが予想された。そのため、令和6年9月24日から令和6年10月4日までの14日間に限定して無人化施工を行った。

(ア) 無人化施工におけるエリア設定

無人型バックホウはリアルタイム映像を見ながらの操作となるため、「距離感が掴みづらい」、「周囲を見渡すことが出来ない」、「映像の遅延が発生する」等の欠点があり、人の出入りがあると人身事故につながる可能性があった。そのため、本工事では無人化施工時に人が立ち入らないよう、無人エリアと有人エリアを設けた。(図-3)



図-3

(イ) 無人化施工に係る教育訓練（写真-4,5,6）

本工事では、作業従事者全員が無人化施工初体験であったため、教育訓練を入念に行った。また、実践訓練はメーカーの専門家による運転指導を行った。



写真-4 安全教育



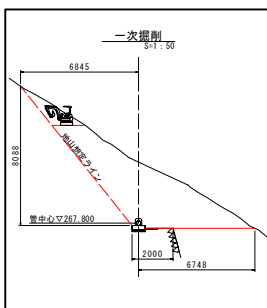
写真-5 目視外訓練



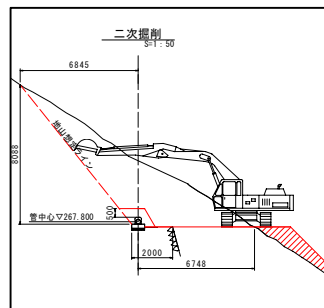
写真-6 目視訓練

(ウ) 土砂除去作業（本施工）

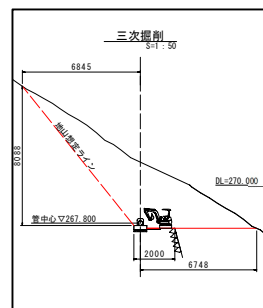
引湯管併設管理用通路の土砂除去を施工する際、重機重量により崩落土が加圧され引湯管が損傷する可能性があることから、引湯管周辺の崩落土については、引湯管の土圧影響範囲に大型重機が入らないよう小型重機を併用し段階を分けて施工を行った。(図-4、写真-7,8,9)



一次掘削（小型有人BH）



二次掘削（無人化施工）



三次掘削（小型有人BH+人力）

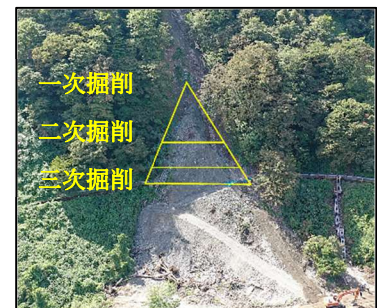


図-4 土砂除去施工段階



写真-7 無人型バックホウ



写真-8 遠隔操作機器



写真-9 土砂除去作業

5. 結果

本工事では、従来技術（有人型バックホウ使用）と無人化技術を比較し下記のメリット及びデメリットが結果として表れた。

メリット

- ・災害等による人的被害を抑制
- ・安全性向上による作業員のストレス軽減
- ・斜面の安定を待たず着手が可能となるため早期災害復旧が可能
- ・冷暖房完備の屋内で遠隔操作を行うため現場環境改善につながる

デメリット

- ・導入コストが高い（従来機の約7倍）
- ・全国的に無人化技術に対応する機種が少ない
- ・無人機操作のスキルを持った人材の不足
- ・映像による操作となるため死角が多い
- ・操作に慣れるまで時間がかかるため、従来技術に比べ生産性が低下した

有人機：154m³/日 無人機：約100m³/日

【有人機：建設工事積算基準①作業日当り標準作業量参照】

6. 結論

無人化施工技術は災害時において早期施工が可能となるため、現在注目されている技術の一つである。しかし、導入に至るまでの課題が多く、本工事でも導入前に何度も検討を行った。実際に導入して安全性が飛躍的に向上したが熟練の重機オペレーターでも無人型バックホウの操作は難しく、従来技術と比較して生産性が低下する結果となった。今後無人化施工技術を導入するにあたり、無人機操作のスキルを持った人材の育成が大きな課題であると感じた。

7. おわりに

本工事は、災害復旧工事であったため早期施工・復旧が極めて重要な要素であった。崩落地斜面は常に落石・崩落の危険性が高く、作業従事者の安全確保の観点から雨天時作業中止及び現場立入禁止、落石発生時は作業一時中止即避難等の対策を行った。実際悪天候による作業中止5回、落石による一時中止7回、雨天による小規模土石流発生6回と災害につながる自然現象の多い工事であった。そのため、無人化施工を導入するにあたり、人的被害の抑制や安全性向上による作業員のストレス軽減、早期災害復旧等メリットが多く、工事全体として無人化施工技術を導入して非常に良かったと感じた。まだ課題の多い技術であるが、災害復旧現場での活用に向けて弊社でも技術者の育成を促進したい。

本工事は自然との闘いのような工事であったが、無事故で工事を竣工することが出来た。無人化施工技術活用においてご尽力いただいた監督職員をはじめ、協力業者の方々に深謝いたします。