

砂防現場における無人化施工事例集

砂防部 保全課
令和7年3月

砂防現場における無人化施工活用事例

- 山腹工や法面工では、斜面上部の掘削・法面整形を人力施工で行うことが多く、作業効率が悪い。
- 急傾斜地での作業は、上部からの落石や作業員の転落のおそれがあり、大変危険を伴う。

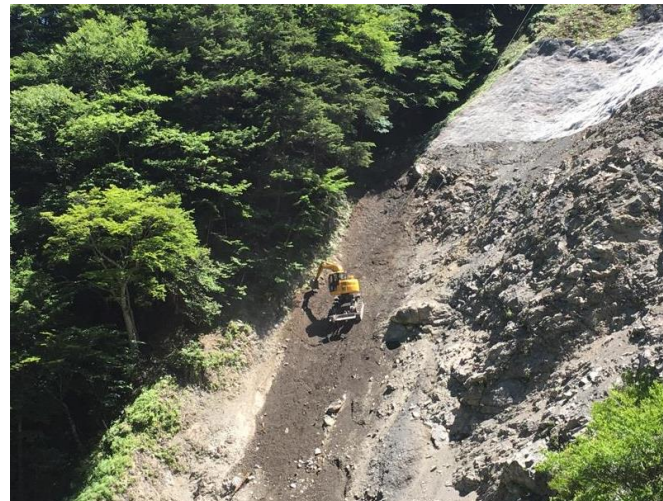
→ロッククライミングマシン等の無人化施工機械を活用し、生産性や安全性の向上を図っている。

位置図



施工の様子

中島砂防堰堤改築に伴う法面对策

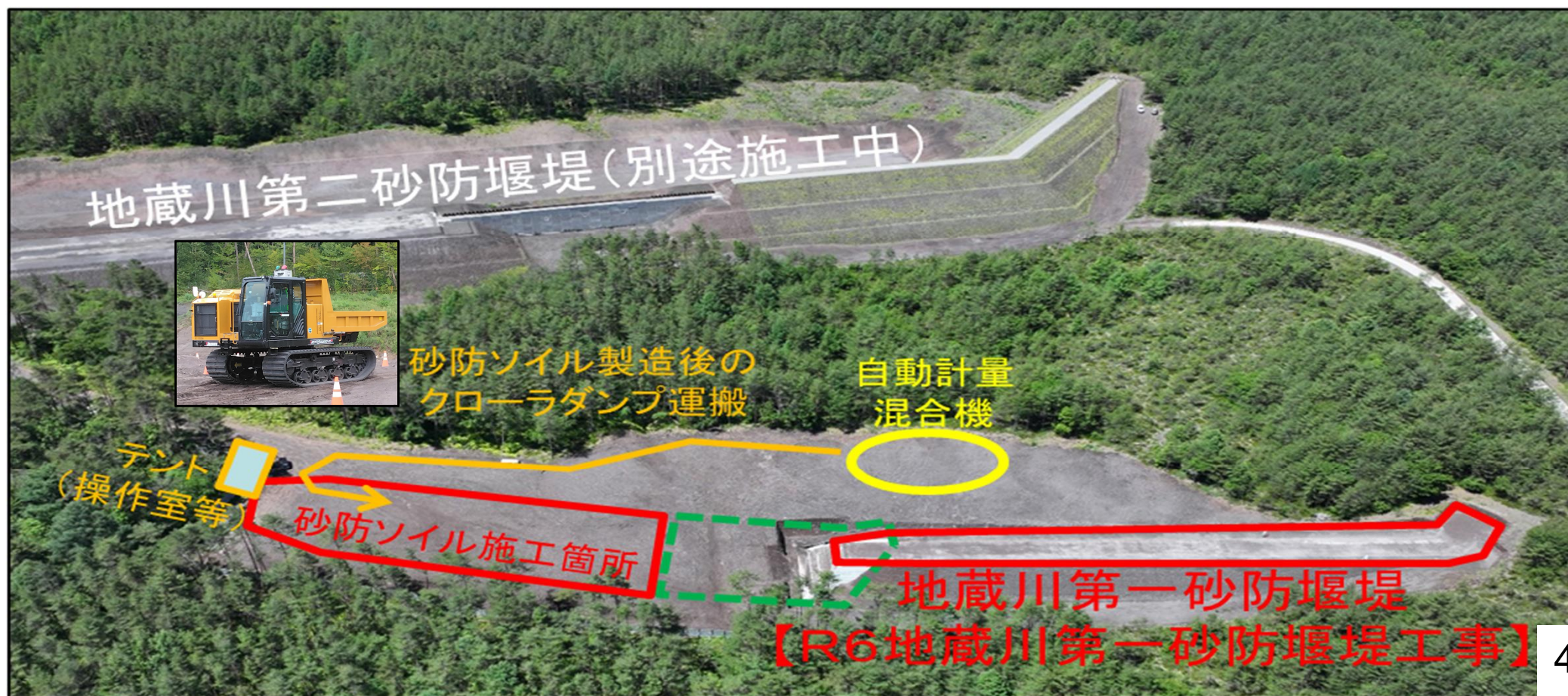


RCMによる掘削状況

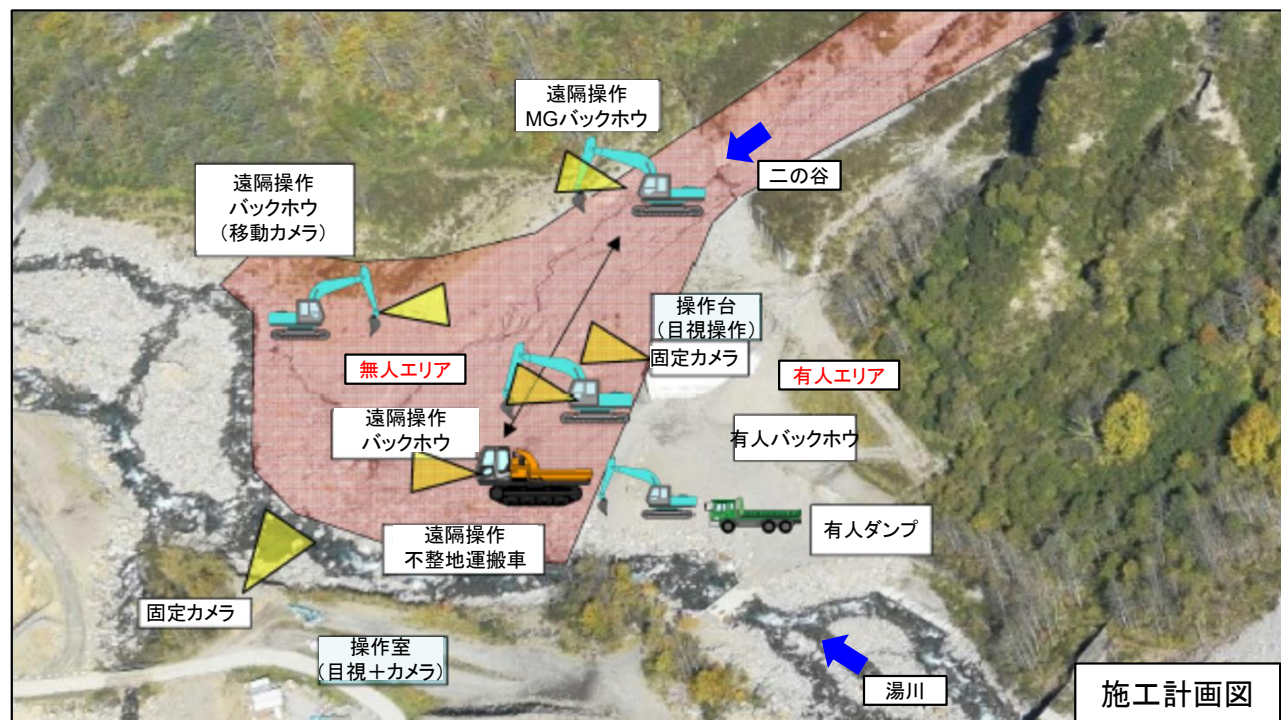
- ◆浅間山が噴火した場合で、積雪期の融雪型火山泥流や噴火後の降雨による土石流の発生が予想されます。
- ◆緊急対策工事は、噴火活動に応じて作業員の安全を確保を図りつつ、遠隔操作式建設機械等を使用・活用した無人化施工が想定され、これまでも毎年、操作訓練や体験会を実施しています。
- ◆自動化施工の浅間山噴火緊急減災対策での親和性を確認するため、現場検証を行った。

<検証内容>

- ◎**クローラダンプ**による砂防ソイルセメント製造後の堰堤材運搬を自動施工。（緊急除石も想定した対応）
 - ・ R 6 地蔵川第一砂防堰堤工事 R 6 年 8 月下旬実施
 - ・ 運搬量 約100～200m³ クローラダンプ（積載量11tクラス） 1 台



過去の土石流により湯川・有峰二の谷合流点には多くの土砂が堆積したため、不安定土砂の撤去等の溪岸対策を実施している。これまで土石流災害の発生の恐れのあるエリアの土砂掘削・運搬については無人化施工を実施してきたが、遠隔操作バックホウによる掘削とTS測定を繰り返しながらの施工であった。**今回、遠隔操作バックホウにマシンガイダンス(MG)の機能を追加することで施工途中のTS測定が不用となり施工性・出来形の向上が図られた。【ICT無人化施工】**



■従来の無人化施工と今回のICT無人化施工の違い
 (従来) (今回)
 起工測量:【TS(ノンプリズム)】 → 【UAV】
 施工:【遠隔操作BH】 → 【遠隔操作BH(MG付)】
 出来形管理:【TS(ノンプリズム)】
 →【遠隔操作BH(MG付)爪先管理+TS(ノンプリズム)】

- 斜面崩壊の危険度が高い「有峰二の谷」において、砂防堰堤新設のため砂防導流堤等の設置を施工箇所から離れた安全な操作室にて重機を無線操作する遠隔施工（無人化施工）にて実施。
- 「距離や奥行きなどがわかりづらい」無人化施工において、ICT技術（マシンコントロールおよびマシンガイダンス）等を併用し、掘削時の過掘り防止やブロック据付け時の補助を行い、施工性・品質・安全性の向上を図った。



工事名：R6有峰地区溪岸対策（二の谷）工事
 工事内容：掘削工（掘削、運搬） V=4,650m³
 砂防導流堤工・異形ブロック据付 N=107個
 ・巨石積（空） A=134m²



施工内容によって
MCとMGを
使い分け!!

■掘削工、異形ブロック据付における床付面の整形



- ・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
- ・マシンコントロールにより、バケットの稼働範囲を制御（設計面より深く掘削できない）することで過掘を防止、また、ブロック据付時に重要となる床付面を正確に整形

■砂防導流堤工（異形ブロック据付）



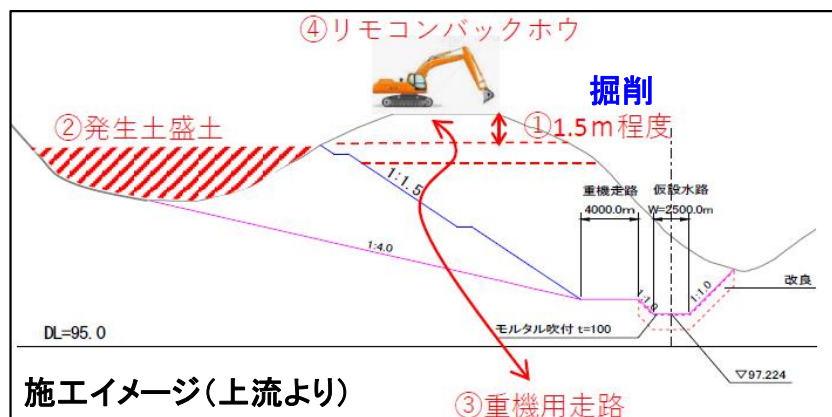
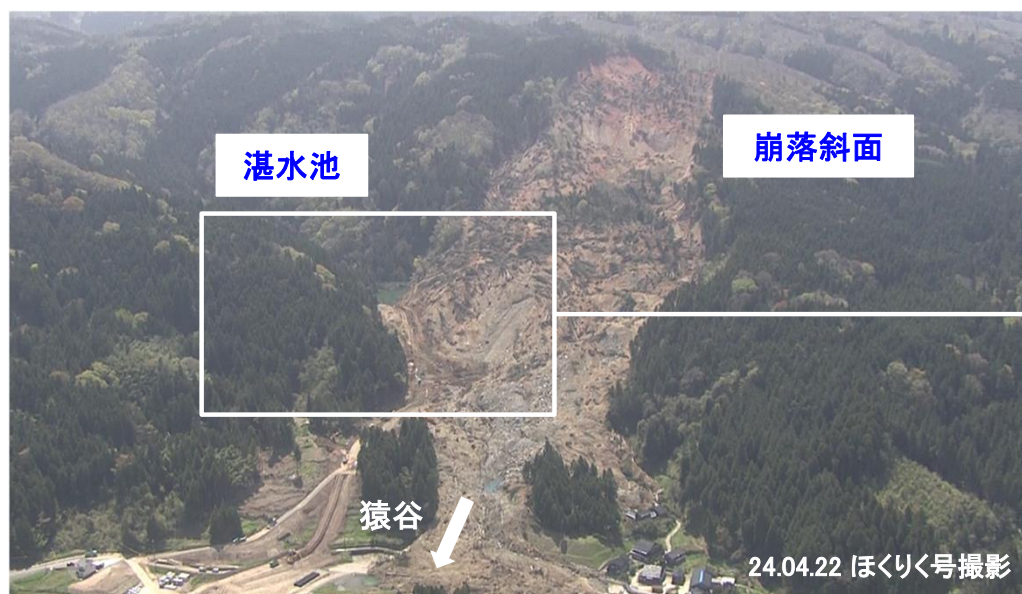
- ・ブロック積みの3次元データを作成し、各ブロック中心の座標（X・Y）を算出
- ・マシンガイダンスにより、専用保持装置の先端の座標（X・Y）をブロック中心の座標を合わせることでブロックの位置を正確に把握し据付
- ・ブロックの方向は「ブロック積み方向ガイダンスシステム（試行）」を併用

■砂防導流堤工（巨石積み）



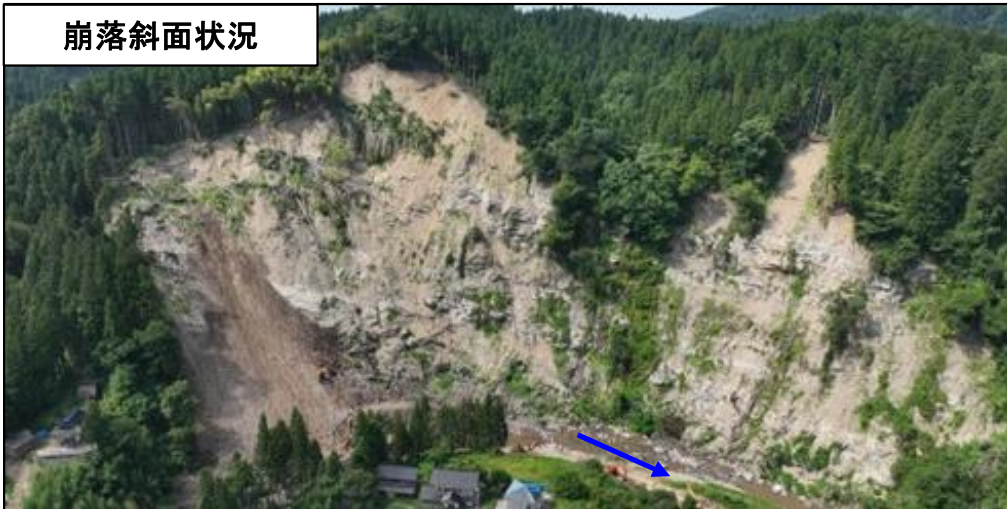
- ・巨石積みの3次元データを作成し、巨石積の設計表面（最突出部）の面を構成
- ・巨石をおおよその位置に置き、マシンコントロールにより、設計表面（最突出部）までバケットで巨石を押し込むことで巨石積の設計表面を正確に把握し施工

- 令和6年能登半島地震に伴い発生した土砂災害では、二次災害のおそれのある河道閉塞箇所において、応急対策工事で無人化施工を活用。
- 石川県輪島市の河原田川(市ノ瀬)では仮排水路の整備にあたっては、崩落斜面の法尻部の掘削を行う必要があるが、工事の安全上、立ち入りを制限する区域での作業となることから、バックホウによる掘削やクローラダンプによる土砂運搬作業を150m先から遠隔制御にて作業を実施した。これにより、工事の安全性を確保をしながら出水期前の5月末までに応急対策工事(仮排水路の整備)が完了した。



- 令和6年能登半島地震に伴い発生した土砂災害では、二次災害のおそれのある崩落斜面において、応急対策工事で無人化施工を活用。
- 石川県輪島市の河原田川(熊野)の崩落斜面整備にあたっては、斜面の倒木・土砂等を撤去する必要があるが、崩落斜面の頂部は、工事の安全上、立ち入りを制限する区域となることから、バックホウによる倒木・土砂等の撤去をロッククライミングマシン(RCM)を活用した無人化施工にて実施することにより、工事の安全性を確保をしながら応急復旧作業を実施しているところ。

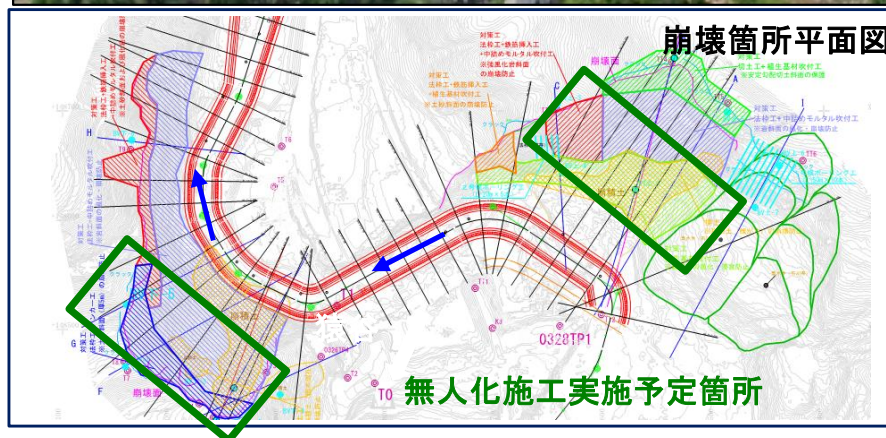
崩落斜面状況



無人化施工状況



崩壊箇所平面図



無人バックホウ稼働状況

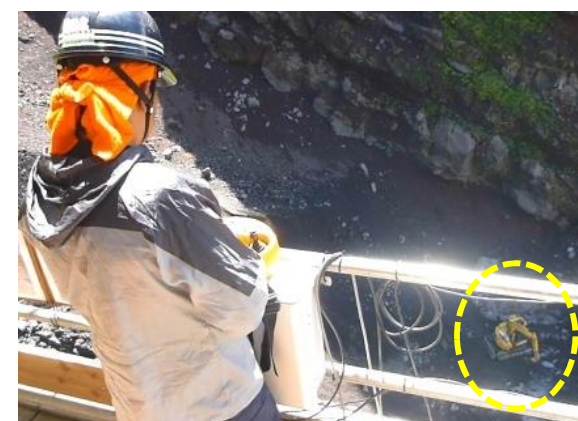


遠隔操作状況(写真右:操作員)

■大沢崩れの崩壊対策は、落石の恐れがある危険な現場であるため、3次元測量やヘリコプターを使った上空からの施工を実施してきました。谷底での作業では、安全を確保するため、作業員が重機に乗って操作することができません。そのため離れた場所からの目視、もしくはカメラ映像をモニターで確認しながら操作することができる無人化施工バックホウを活用しています。



遠隔操作による掘削工



リモコン操作による掘削工



モニターを用いた遠隔操作



ヘリコプターでのコンクリート打設

- 令和6年9月19日に発生した静岡県静岡市葵区の山間部を走る林道東俣線における斜面崩壊が発生し、一般の登山者や近隣工事の作業員など少なくとも148人が一時孤立。
- 斜面崩壊により林道上に堆積した土砂の撤去作業には、二次災害防止の観点から作業員の安全性を確保しながらの施工が必要となることから、静岡市が中部地方整備局へTEC-FORCEの協力を要請。
- 土砂の撤去作業には中部地方整備局が保有している簡易遠隔操縦装置(ロボQS)を取り付けたバックホウを活用することにより、安全かつ迅速に土砂の撤去作業を行うことが可能となり、5日後の令和6年9月24日に通行止めの解除が可能となった。



危険箇所の無人化施工

(紀伊山系砂防での事例)



■危険箇所の施工において、実機搭乗時と同様な操作性をもつコックピットにて重機操作が可能な遠隔操作システム『K-DIVE®』を導入し、遠隔操作による施工を実施。実機の振動や傾き・音などをコックピットにフィードバックし、現場にいる感覚で操作が可能。

また、プログラムに基づき建設機械が自動で作業を行う自動化施工を併用して実施した。

効果として、

- ・危険な箇所の施工において安全性を確保
- ・遠隔操作により1人で複数の現場施工が可能
- ・就業者の裾野拡大(多様な人材活用)が可能

<遠隔操作>



操作状況(実機と同様の機器配置)



操作状況(実機と同様の振動や傾きを再現)

<自動化施工>



ブロックの設置や敷きならし、転圧は自動化施工



危険箇所の無人化施工

(紀伊山系砂防での事例)



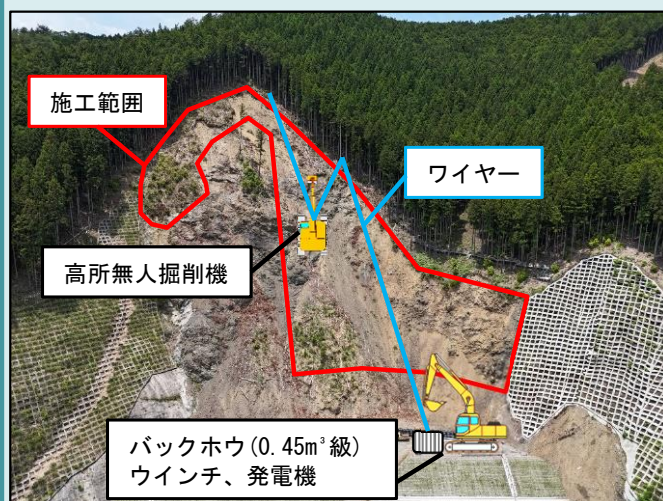
■台風による記録的な大雨により大規模な斜面崩落が発生。本工事は、崩壊斜面の安定化を図るための斜面对策工事である。斜面は再崩落の危険性が高いため、高所無人掘削機(セーフティークライマー工法)を用いて崖錐堆積物と伐根、倒木の撤去を行った。

【セーフティークライマー工法とは】

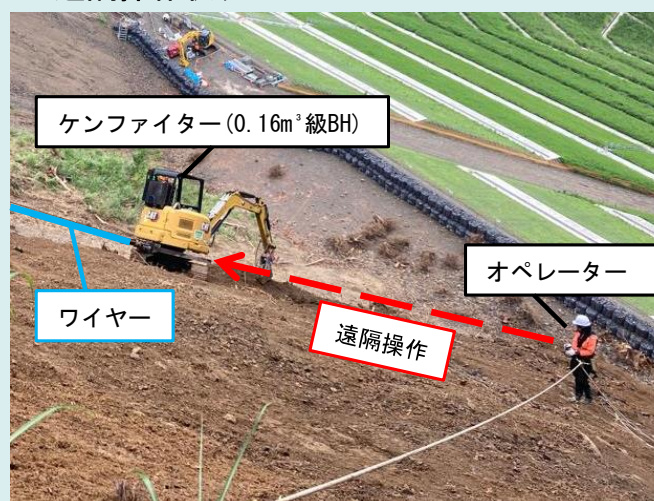
高所無人掘削機(通称ケンファイター)を使用し、Vの字にワイヤーを張って機械を吊り、オペレーターは送信機にて遠隔操作をする工法。

効果：作業箇所と距離を取ることによる安全性の確保
掘削、伐根作業に伴う作業人員の削減

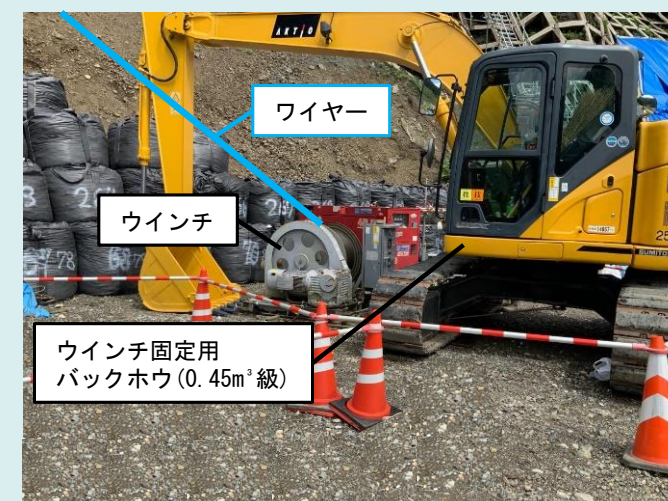
<機械配置状況>



<遠隔操作状況>



<ウインチ固定状況>

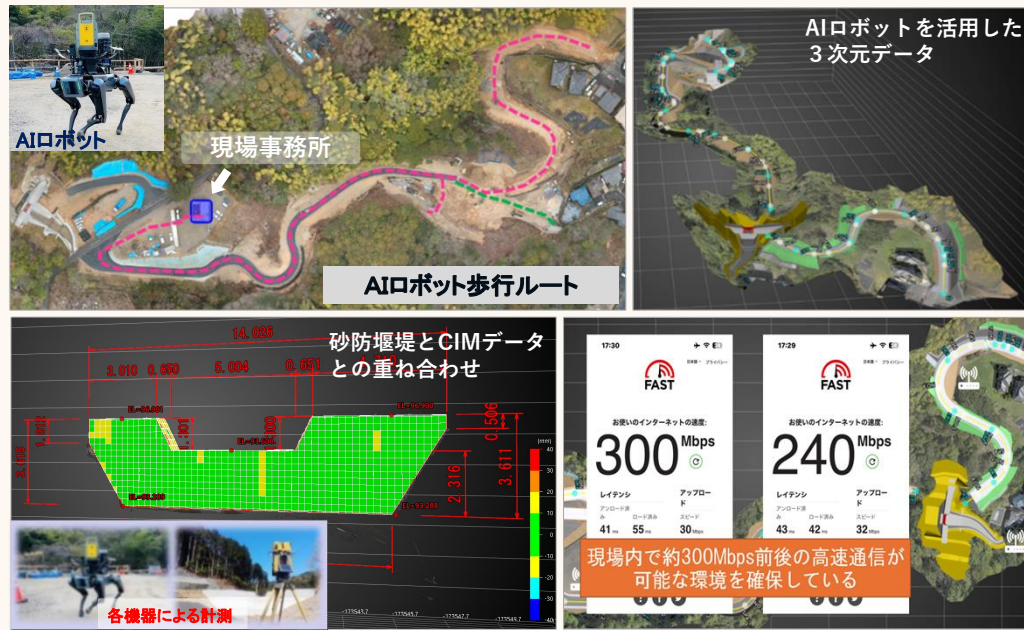


直轄砂防現場におけるi-Construction2.0先進事例の取り組み

- 広島西部山系砂防事務所で実施している砂防事業箇所は、狭隘で危険箇所内での工事が多く、地上型3Dレーザーを搭載した自律歩行AIロボットを使用した3次元測量や立入制限区域内における重機の遠隔施工、施工計画から出来形管理までをクラウド管理でオフサイト化するなど、工事進捗の円滑化・省力化に繋がる対策を各受注者が試行的に取り組んでいる。

【3Dレーザーを搭載したAIロボットによる現地測量】

高精度で安全な3次元測量の自動化としてAIロボットと地上型レーザスキャナ・SLAMレーザスキャナの組み合わせを活用し、土工だけではなく構造物も含め3Dモデルにヒートマップを重ね合わせ出来形管理等で活用。



【遠隔施工実施状況】

オートメーション化による生産性向上に向けた取り組みとして、重機の遠隔操作での施工を行い、無人化施工での実証を実施。マシンコントロール重機を活用した施工の効率化や現場内のネットワークを活用した重機側の設定や操作などに取り組み作業を効率化。



【クラウド活用による情報共有】

クラウド活用でリアルタイムに更新された情報をもとに、本社・監督職員が現場状況をモニターで情報共有することで、工事進捗の円滑化・省力化に繋がった。



四国地方整備局では、無人化施工機械の操作訓練を実施しオペレーターの育成支援・危険箇所の工事の安全性の向上を目指す。

○令和5年度無人化施工実績 : 2件

○遠隔操作式バックホウ工法、セーフティークライマー工法、ロッククライミング工法

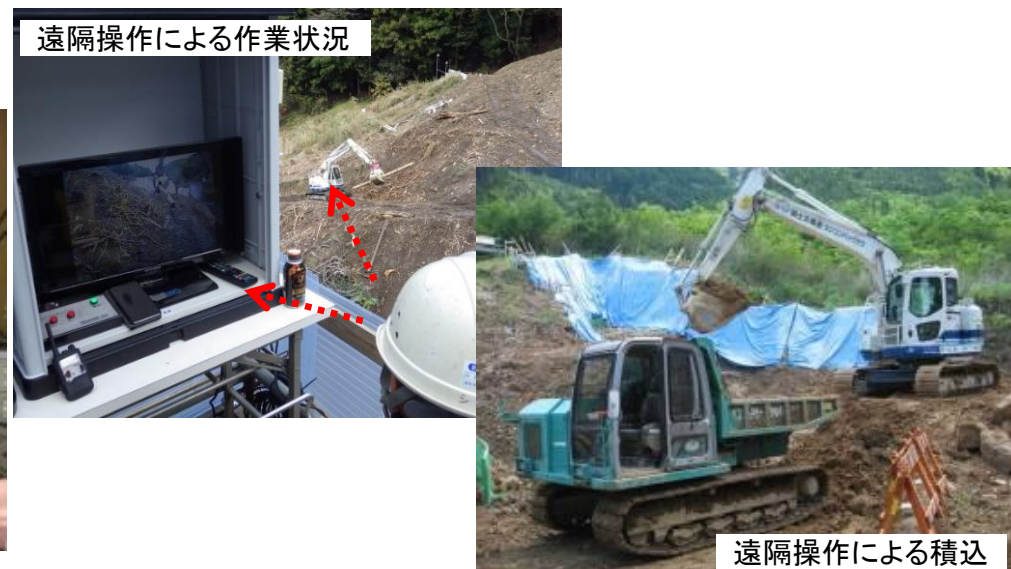
遠隔操作式バックホウ工法



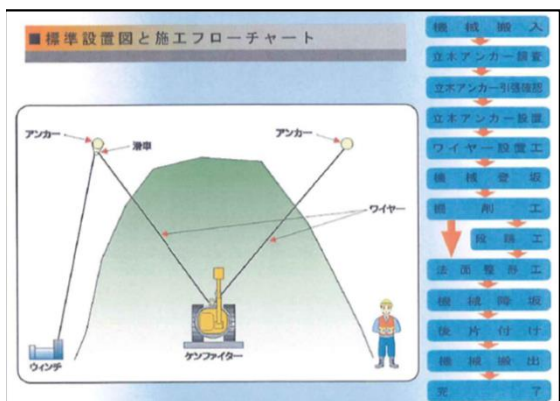
池ヶ谷堰堤



遠隔操作による作業状況



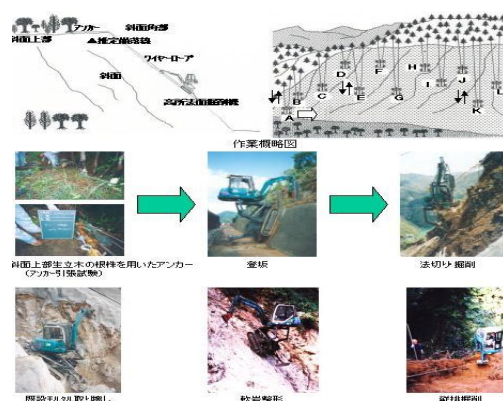
セーフティークライマー工法



ヤナギ谷砂防堰堤他



ロッククライミング工法



大谷川第2号堰堤他



- 既存の無人化施工の技術を活用し、地場業者で無人重機による試験施工を実施。(土石流により流出した土砂の除石工事)

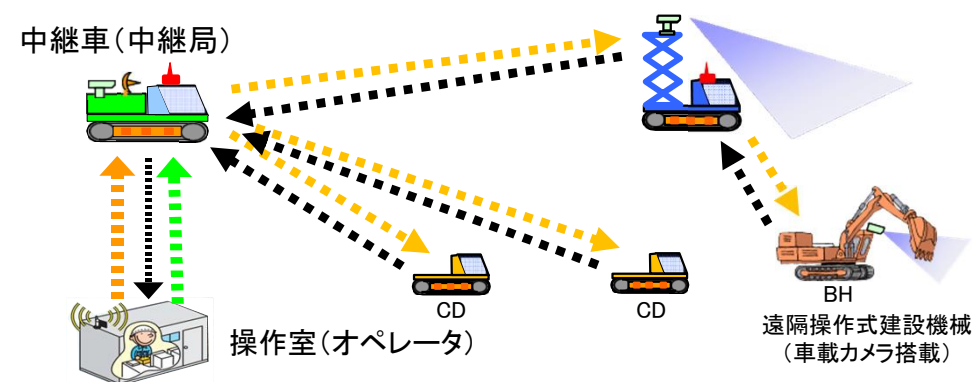


■現場での工夫等

- 運搬路を広げ、クローラダンプ離合の際に、衝突・接触の危険性をなくすことによる施工速度の向上。
- 遮蔽物による電波の遮蔽により、重機の誤動作や停止の懸念があったことから、中継基地を配置することで通信環境の改善を図り、重機への正確な信号を送ることで、安全に遠隔施工を実施。

●中継方式(中継局+メッシュLAN)

無人化施工方式=第三世代(第二世代+情報化施工)を採用



工 事 名：令和5年度赤松谷川除石土砂運搬工事

工 期：2023(R5)6月21日～2024(R6)1月31日

施工業者：宅島建設(株) (長崎県雲仙市小浜)

協力会社：(株)ショージ (福岡県大野城市)、西尾レントール(株) (大阪府大阪市)

工事内容：赤松谷川に堆積した土砂撤去約18,000m³

無人化施工(遠隔操作)にて掘削・運搬(仮置場(有人施工箇所)まで)

現場環境：警戒区域*内での施工 ※災害基本法第63条にもとづく警戒区域(同区域内への人の立入りが制限されている)

■課題

- ・クローラダンプの遠隔操作は、オペレータが搭乗して行う作業に比べるとモニターを注視しての作業のため常に緊張感が続き精神的な負担が大きい。

■実施内容

- ・遠隔操作CD1台と自動走行CD2台の併用で施工
- ・自動走行の稼働率は42%(自動走行25日/全体60日)

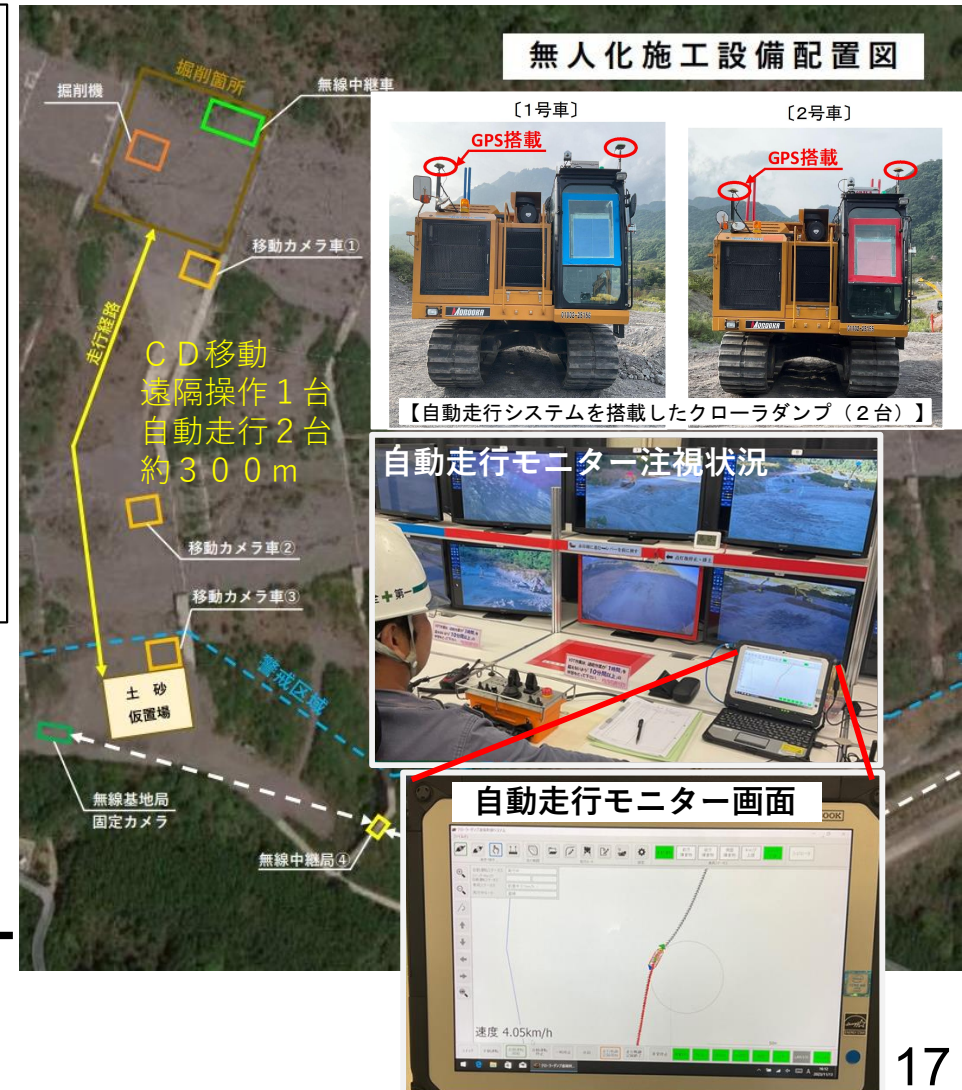
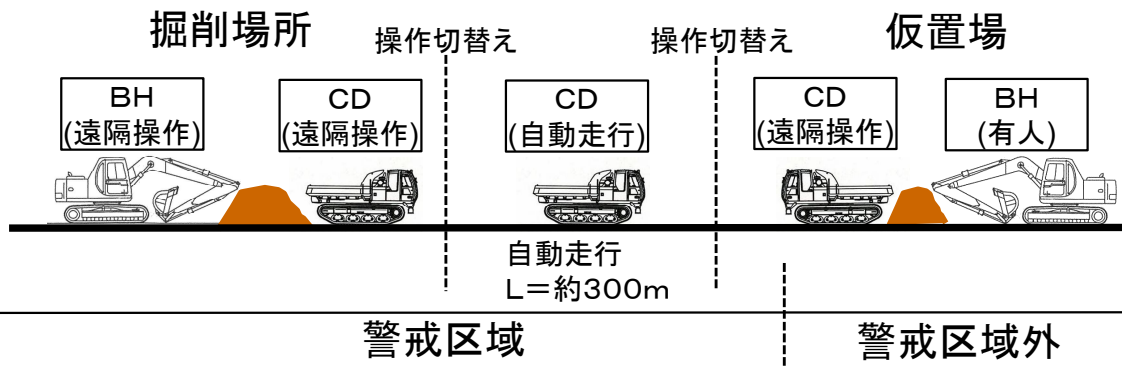
■クローラダンプ自動走行化の効果

- ・オペレータは自動走行中はモニターの監視のみになり精神的な負担の軽減に繋がった。

■クローラダンプ自動走行化の課題

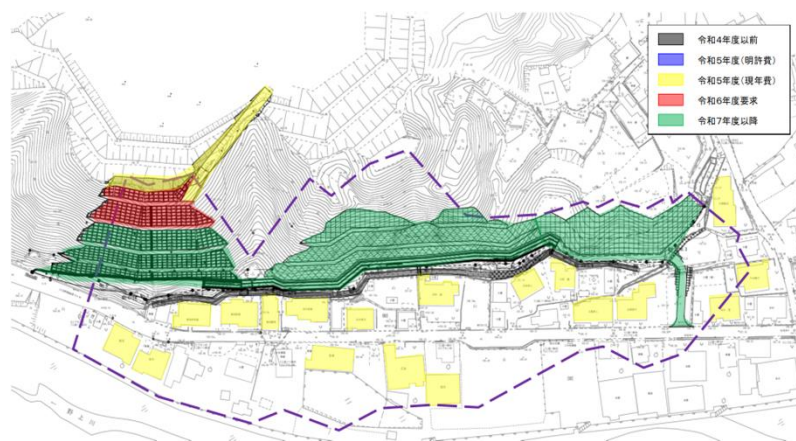
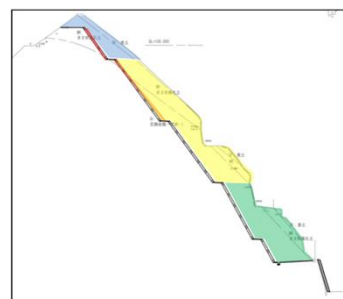
- ・掘削場所や仮置場は自動から遠隔に切りかえての作業が必要(掘削箇所やダンプアップポイントが移動するため)

施工イメージ



三部地区急傾斜地崩壊対策事業は、最大がけ高56m、最大勾配51度の急傾斜地崩壊危険箇所では人家18戸を保全するものである。本事業の切土工において、リモコン操作による無人化施工機械を用いるセーフティクライマー工法（SCM）を採用しており、安全且つ効率的な施工を実現している。

位置図



【事業概要】

事業名：三部地区急傾斜地崩壊対策事業
事業内容：既設ブロック積補強、待受式擁壁工
法枠工

施工の様子

全景



当現場は、最大勾配51度と急傾斜であり、有人機を用いた作業では重機が転落する恐れがある為、セーフティクライマー工法を採用し、崩落や落石による事故のリスクの低減を図った。

リモコン操作による掘削

砂防現場における無人化施工講習会等の事例

- ◆ 浅間が噴火した場合には、積雪期の融雪型火山泥流や噴火後の降雨による土石流の発生が予想されます。
- ◆ 緊急対策工事にあたっては、作業員の安全を確保するため、遠隔操縦式建設機械を使用した無人化施工が想定されることから、R5濁川第一砂防堰堤工事の一部において、3.6km離れた箇所から無人化施工を行いました。
- ◆ 令和5年9月21日事務所職員、技術エキスパート(他事務所 29名参加)向けの無人化施工機械操作体験会を開催。
- ◆ 令和5年9月20日当事務所災害協定会社(17社28名が参加)を対象とした、無人化施工機械操作講習会を開催。

<職員向け操作体験会>



操作体験会(操作会場:浅間山出張所)



無人化施工機械(左:バックホウ、右:キャリアダンプ)

操作体験会(施工現場会場:濁川第一砂防堰堤)

<災害協定会社向け操作講習会>



災害協定会社職員を対象とした操作講習会(操作講習状況)

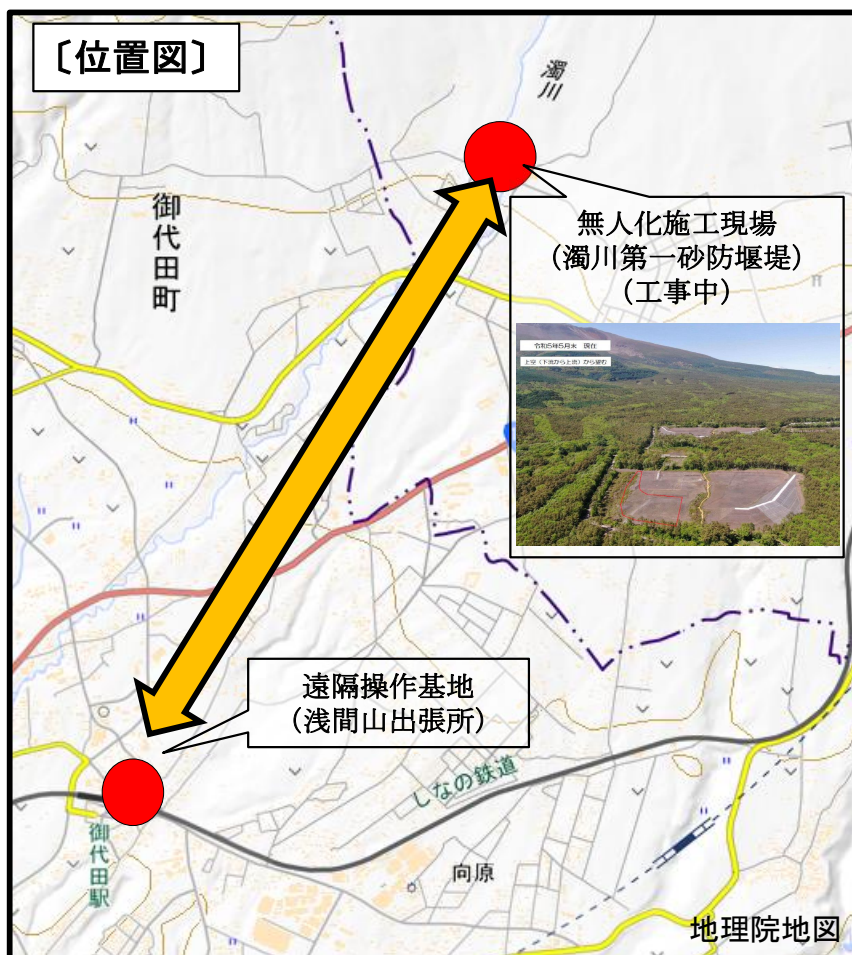


講習会参加者、マスコミ関係 7社

無人化施工機械
(左:バックホウ、右:キャリアダンプ)

災害協定会社職員を対象とした操作講習会(現場見学状況)

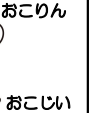
- ◆無人化施工では、遠隔操作式建設機械(バックホウ(ICT建機)、キャリアダンプ)にて堆砂敷掘削と掘削土砂の土運搬を遠隔操作により実施しました。
- ◆遠隔操作は、施工現場より約3.6km離れた浅間山出張所に遠隔操作基地を設置して実施しました。
- ◆操作基地と施工現場の通信は国土交通省の光回線を用いました。
また、全景の画像は、試験的に衛星回線も使用しました。



約3.6km離れた箇所から、以下の作業を実施

- ・バックホウ(ICT建機)による掘削作業
- ・キャリアダンプによる運搬作業

- 令和5年10月16日に神通川水系砂防事務所管内工事におけるICT施工の普及等を目的に「ICT砂防体験講習会」を開催。
ICT建機について、衛星測位方式とTS追尾方式の違いやメリット・デメリット等の知見を習得。
- 令和6年9月20日に神通川水系砂防事務所の無人化施工技術の育成等を目的に「無人バックホウ操作体験会」を開催。
無人バックホウの通信方法等の学習や、実際に無人バックホウを操作し、通常操作との違いや感覚を体験した。

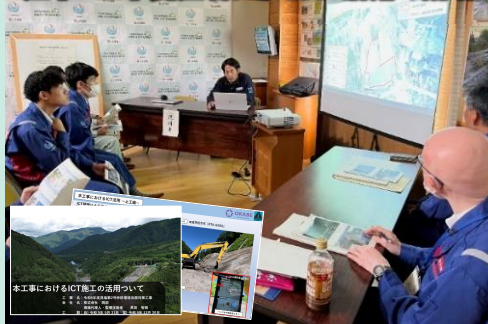


ICT砂防体験講習会

座学 施工企画課による「ほくりくICT」の取組み等の紹介



座学 工事受注者によるICT活用の説明



現地実習 ICT建機(衛星測位方式)の実演



現地実習 ICT建機(TS追尾方式)の実演

参加者: 23名
場 所: 令和5年度貝塩第2号砂防堰堤法面对策工工事
内 容: 【座学】

- ①. 砂防現場におけるICT導入・事例について
- ②. R5貝塩第2号砂防堰堤法面对策工におけるICT施工の活用
- ③. 3次元起工測量、3次元設計データの作成、3次元出来型計測・評価、ヒートマップ作成

【現地実習】

ICT建機の実演(掘削・法面整形)

無人バックホウ操作体験会



無人化施工の概要説明



操作室での無人BH操作(古川土木事務所職員)



リモコン操作による無人BH掘削



操作室での無人BH操作(神通砂防職員)

参加者: 20名
場 所: 令和6年度白谷第1号砂防堰堤改築工工事
内 容: ①. 無人バックホウ機械・機器の説明

②. 無人バックホウの操作を体験

- ・各自、「掘削→旋回→土砂空け→戻す」を5回行うタイムトライアルを実施。
- ・参加者から「地山とバケットの距離感がわからない」、「土砂掘削時の手応えがない」などの意見が出た。

無人化施工体験講習会									
参加者	氏名	所属	年齢	性別	職階	備考	結果	感想	その他
1	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
2	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
3	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
4	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
5	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
6	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
7	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
8	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
9	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	
10	山本	古川	40	男	主任	ICT施工経験あり	約3分	掘削時の手応えがわからない	

【平均タイム】
車両系建設機械免許の所持者: 約3分
車両系建設機械免許の未所持者: 約7分

- 東濃・木曽防災対策協議会の会員各社を対象として、簡易遠隔操縦装置（通称：ロボQS）を用いた無人化施工の操縦体験会を実施
- ロボQSは、既存の重機（バックホウ）の操縦席に簡易遠隔操縦装置を設置することで無人化施工が可能となることから汎用性や機動性が高く、災害時や工事の安全上、立ち入りを制限する区域内での緊急対応等において有効
- 管内において災害が発生した際には、地域の建設会社による協力が不可欠であることから、災害協定を締結する東濃・木曽防災対策協議会の会員各社に所属するオペレーターに当該機械の操作を体験してもらうことで、緊急対応の迅速性、安全性の向上を図った。

<実施概要>

■日時

令和6年8月19日（月）13:30～15:00

■場所

岐阜県中津川市阿木川上

（R 5 木曽川水系地獄谷除石工事 現場内）

■内容

バックホウに取り付けた簡易遠隔操縦装置の説明
及び操縦体験

■参加者（50名）

- ・ 東濃木曽防災対策協議会の会員 35名、
多治見砂防国道事務所 6名、その他 9名
- ・ 操作体験者 10名

■実施内容

- ・ 開発メーカーによる構造説明
- ・ 現場の声（取付・操縦について/取付注意事項等）
- ・ 操縦体験（※BH運転免許保有者に限る）



無人化施工の操縦体験会実施状況



ロボQSによる無人化施工状況

- 富士砂防事務所管内の建設業者を対象として、無人化施工バックホウを用いた無人化施工の操作訓練を実施。
- 無人化施工バックホウは「簡易遠隔操縦装置（ロボQS）」を装着した。この装置は、既存バックホウの操縦席に部品を取り付けるだけで操作用無線機で、遠隔操縦を行うことができるものである。
- 管内において災害が発生した際には、地域の建設会社による協力が不可欠であることからオペレーターに当該機械の操作を体験してもらうことで、緊急対応の迅速性、安全性の向上を図った。
- 管内自治体及び関係機関職員等を対象とした見学会においては被災時の緊急対応等の選択肢の1つとして紹介を行った。

<実施概要>

■日時

操作訓練（対象：管内の建設業者）

令和7年1月23日～2月14日

見学会（対象：管内自治体及び関係者）

令和7年2月19日～20日

■場所

大沢川遊砂地

■内容

無人化施工について、バックホウを目視で確認しながら操作する方法のほか、バックホウに搭載したカメラ映像により離れた場所から操作する方法を実施した

■参加者

操作訓練

・富士砂防事務所管内の建設業者 26名

見学会

・管内自治体及び関係者 約60名

■実施内容

操作訓練

・操縦体験（※BH運転免許保有者に限る）

見学会

・富士砂防事務所職員による概要説明

