

# 逢初川直轄砂防災害関連緊急事業 における無人化施工について

大谷 純平<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中部地方整備局 富士砂防事務所 工務課 (〒418-0004 静岡県富士宮市三園平 1100)

静岡県熱海市伊豆山地区逢初川水系において、2021年7月1日からの大雨により7月3日に土石流が発生し、下流域に甚大な被害を及ぼした。被災後の二次災害のおそれのある現場条件の下で、作業員の安全を確保しつつ速やかな復旧を行うためには、無人化施工等の高度な技術が必要であった。このため、静岡県知事からの国による事業の実施要請を受け、直轄砂防災害関連緊急事業として、緊急的な砂防工事を実施することとなった。本論文では、逢初川における直轄砂防災害関連緊急事業の概要と無人化施工について報告する。

キーワード 土石流, 無人化施工, 安全対策

## 1. 土石流発生から工事着手に至るまで

### (1) 土砂災害の概要

逢初川は、熱海市北部に位置する岩戸山（標高734m）南麓に源を発し、熱海市伊豆山地区を貫流して相模灘に注ぐ、流域面積1.9km<sup>2</sup>、幹川流路延長1.3kmの二級河川である。

2021年7月、静岡県東部で発生した梅雨前線に伴う豪雨は、熱海市の雨量観測所において1日から3日までに総雨量459ミリに達した。この影響により3日10時30分頃、逢初川源頭部の標高約390m地点（海岸から約2km上流）で土石流が発生し、約55,500m<sup>3</sup>の土砂が逢初川を流下した。この土石流により熱海市伊豆山地区で死者27名・行方不明者1名・住宅被害98棟もの甚大な被害をもたらした。（2022年4月1日、消防庁報告）



写真-2 逢初川源頭部の崩壊状況



写真-1 土石流で被災した家屋

### (2) 富士砂防事務所からの TEC-FORCE 派遣

中部地方整備局では、発災直後より TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）を派遣した。TEC-FORCEは、大規模自然災害が発生した際に、自治体職員だけでは対応が難しいと考えられる場合に、いち早く被災地へ出向き、被災状況の迅速な把握、被害の発生・拡大の防止、被災地の早期復旧など、被災した自治体を応援・支援する仕組みである。今回の派遣においては、TEC-FORCE 隊員を延べ323人・日（実人数66人）、リエゾン（情報連絡員）を延べ

202人・日（実人数107人）派遣した。派遣された隊員は、総括班・リエゾン班・被災状況調査班・応急対策班に配属され、それぞれの業務にあたった。



写真-3 ドローンによる被災箇所の調査

富士砂防事務所からも2021年7月3日から7月9日にかけて4名の職員が現地に派遣された。4名は被災状況調査班の砂防調査班として派遣され、主

な活動内容としては、ドローンによる逢初川及び周辺の被災状況把握であった。

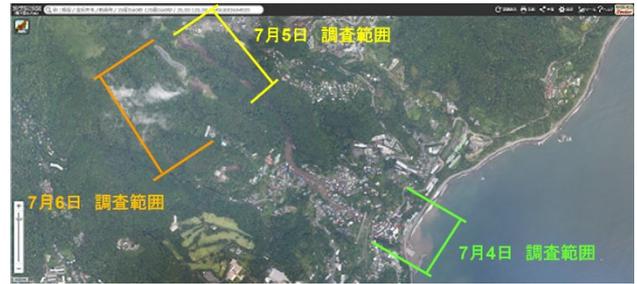


図-1 ドローン調査範囲

調査範囲は、図-1の通りであり、それぞれの調査内容は、緑：国道135号線の土砂流出状況の確認（7月4日）、黄：源頭部（崩落起点）から既設砂防堰堤間の不安定土砂の確認（7月5日）、橙：新規崩落箇所とみられた場所の調査（7月6日）である。

富士砂防事務所の砂防調査班の1日の活動の流れ（2021年7月5日）は図-2の通りである。

07:15 宿発 体調良好	
09:50 地元住民に周辺地理について聞き込み	
11:05 ドローン操縦の様子をテレビ取材	
15:15 本部から緊急指示を受け、新規土砂崩れ危険箇所のドローン調査を実施	
07:30 対策支部会議（各班の予定等を報告）	
08:20 ドローン調査へ出発	
10:20 ドローン飛行開始	
14:10 県知事から激励	
16:30 内業拠点に帰着 翌日の打合せ等（対策支部会議）	
19:10 宿着	

図-2 富士砂防事務所の砂防調査班のとある1日の様子

二次災害のおそれのある現場条件の下で、作業員の安全を確保しつつ速やかな復旧を行うためには、無人化施工等の高度な技術を必要とすることから、7月15日、静岡県知事からの要請を受け、7月20

日より直轄砂防災害関連緊急事業として緊急的な砂防工事を実施することとなった。翌日の7月21日には復旧工事の円滑な施工を図るため「中部地方整

備局熱海緊急砂防対策チーム」を現地に派遣し、工事の監督等を行った。

その後、2021年8月13日、これらの工事や調整をさらに円滑に進め、被災地の復旧・復興を加速化するため、富士砂防事務所「熱海緊急砂防出張所」を設置することとなった。同出張所は静岡県熱海総合庁舎内に設けられ、出張所長以下8名体制で運用が開始された。2022年度からは事務手続き等が一段落したため、6名体制で日々の業務にあたっている。出張所の業務は、工事の監督や、静岡県・熱海市をはじめとした関係機関との調整など多岐にわたっている。



写真-4 出張所内勤務状況

## 2. 逢初川災害対策工事

### (1) 工事概要

当該工事は、静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土石流災害により荒廃した溪流において、不安定土砂の撤去などを行う緊急対策と、新設砂防堰堤の整備を行うものである。緊急対策の主な内容は、既設砂防堰堤に堆積した土砂の除石、工事用進入路の施工及び大型土のうの設置及びコンクリート・ブロックを用いた仮設堰堤の設置である。

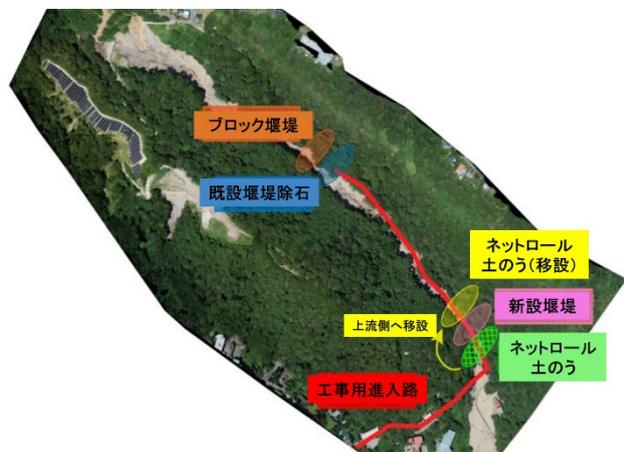


図-3 工事内容

### a) 既設堰堤に堆積した土砂の除石作業<ヘリコプター一等を用いた施工の実施>

土石流発生前までは逢初川沿いに既設堰堤まで繋がる市道が存在したが、土石流により被災したため既設堰堤までの陸路進入が当初、困難であった。また、旧市道及び既設堰堤に堆積した土砂は、未処理のままでは重機が沈んでしまうほど軟弱な状態であった。このため、地盤改良を行いながら工事用進入路を設置し地上から既設堰堤へのアクセスを可能にするには数ヶ月を要する見通しであった。



写真-5 ヘリコプターによる無人化機械の搬入



写真-6 ヘリコプターを用いた土砂の搬出

そこで、早期に効果を発現させるために、ヘリコプターを用いて無人化バックホウ等の工事用機材を搬入した。本工事現場で使用した無人化バックホウは本体・キャタピラ・バケットの3つのパーツに分解

することができ、本体とキャタピラ・バケットのセットの2往復して搬入を実施した。またバックホウの組み立てを実施するためのカニクレーンやバックホウの操作ステージの材料の搬入も必要であり、これらを10往復することで全ての搬入が完了した。ヘリコプターの運航最大荷重が3tであったため、複数回往復することによる搬入となった。また掘削した土砂の搬出もヘリコプターを使用して開始した。ヘリコプターを用いた作業は、富士山大沢川源頭部の工事でも実績がある。また、無人化バックホウによる除石作業は、24時間体制で行い、夜間も騒音等に気をつけながら作業を実施した。既設堰堤に異常堆砂した不安定土砂、約7,200m<sup>3</sup>を取り除き、下流の安全に繋がった。



図-4 既設堰堤除石前（上）と除石後（下）の比較

応急仮設堰堤を二次災害を防止するという観点から施工段階に応じて2種類設置した。

#### b) 「ネットロール土のう」

不安定土砂の除去が完了する前に降雨があった場合に、下流域の被害を少しでも低減するために早期の砂防設備の設置が求められた。そこで大型土のうを積み上げて形成された層体の表面を高強度ネットで覆った「ネットロール土のう」を工事箇所の最下流に設置をした。土のうには現地土を使用することができ、また大型重機を必要としない工法であることから、最速での緊急対応に適した工法である後、新設砂防堰堤建設時の作業の安全確保を目的に、新設砂防堰堤に着工する前に新設砂防堰堤建設予定箇所の上流に移設した。



写真-7 仮設堰堤（ネットロール土のう）

#### c) 「コンクリート・ブロック堰堤」

次に、コンクリート・ブロックを積み上げて構築するブロック堰堤を工事箇所の最上流（既設堰堤の直上）に設置した。ブロック堰堤は、工事関係者を源頭部に残る不安定な土砂から守ることを目的に設置した。堰堤に使用するブロックは、富士砂防事務所が保有する災害用備蓄ブロック（3t）を177個使用したことにより、コンクリート打設をする堰堤に比べて短時間での設置が可能となった。



写真-8 仮設堰堤（コンクリートブロック）

#### d) 新設砂防堰堤

2022年3月23日より新設砂防堰堤の工事に着手をし、令和4年度中の完成を目標としている。



写真-9 新設砂防堰堤施工状況（8月19日時点）

完成した際には、高さ 13m、幅 59m の砂防堰堤となる。

## (2) 無人化施工について

### a) 実施状況

既設堰堤の除石や工事道路造成にあたっては、対象土砂が泥濘であり、施工上危険であることなどから、作業員の安全を確保する必要があったため、無人化施工を実施することとした。

本工事現場は被災地域の復旧・復興ということを目的としており、現地での作業を 1 日でも早く進める必要があったため、源頭部の除石で使用するバックホウやキャリアダンプは既存のラジコン型無人化施工機を導入することとした。無人化施工機の操作位置は、万が一上流から土石流が流下してきても直接被害が生じない位置にステージを設け、そこからオペレーターが遠隔で操作することで、二次災害のリスクを低減することとした。遠隔操作はラジコンのようにコントローラーを使用して操作を行った

(写真-10)。なお、不安定土砂の泥濘状況などを確認して安全を確保できる箇所においては、有人施工機を併用することにより、無人化施工機のみによる施工よりも速い施工進捗を図った。

また、ヘリコプター輸送の玉掛けや既設堰堤までの工事用道路が完成した後のクローラーダンプによる土砂運搬については、安全に配慮しつつ、施工場所に立ち入りを行った。



写真-10 無人化バックホウによる既設堰堤の除石作業状況

無人化バックホウを使用した感想・意見としては、操作面においては、「本工事現場で無人化バックホウの操作を担当した施工業者は、他の無人化施工現場でも工事を請け負ったことのある会社であったため、オペレーターも無人化施工機の扱いについて熟練しており支障は無かった。」施工効率面においては、「一般的に言われる BH 作業の遠隔作業効

率は搭乗作業の 60%程度であるが、本工事現場においては、土砂に多量の転石、流木等が混入している状態であったため、効率としてはやや低めであったと推測している。また、直接目視の遠隔操作であったため角度的に不可視部分が発生し、操作を慎重に行う必要がある部分もあった。(例えばバケットに抱える土砂量が山積でなく半分程度になったのを、もう一度すくい直すなど) 工事現場管理の面においては、「無人化施工機の利点は安全・安心である。二次災害防止の観点から、土石流の流下跡より上方で無人化施工機を操作することができた。また、現場内の不安定箇所(除石工における既設堰堤上部の堆積土砂撤去や工事用道路造成時の不安定な法面直下での掘削、泥濘化した土砂堆積場所への進入など)で無人化施工機を活用できた。改質材の混合攪拌など無人化施工が厳しい場合は、有人施工に切替え施工を進めた。」費用面においては、「車載カメラ、遠隔装置などの付属品のため損料は割増しとなる。」といったようなものが挙げられている。

無人化バックホウを使用した施工は、富士山大沢川源頭部の工事でも実績がある。源頭部工事の施工箇所である大沢崩れは富士山西斜面に位置し、山頂直下から標高 2,200m 付近まで、延長約 2.1km、最大幅約 500m、最大深さ約 150m、崩壊面積約 1km<sup>2</sup>、崩壊土砂量は約 7,500 万 m<sup>3</sup> (東京ドーム約 60 杯分) に及ぶ、日本最大級の崩壊地として知られている。工事としては、大沢崩れの最下流である標高 2,150m 地点で大沢崩れの土砂流出を抑える対策工事を実施している。工事箇所はたびたび落石等が発生する大変危険な現場であるため、土砂の除去は無人化バックホウにより実施している。無人化バックホウの操縦は安全な場所より、カメラ映像等を確認しながら実施している。

これらのように、危険と隣り合わせの工事現場においては無人化施工を採用することで、現場作業員の安全を確保することが可能になる。

### b) 実施に先立っての検討について(参考)

無人化施工を検討する段階においては、土砂災害の発生した箇所が市街地に近接した位置にあり、道路、建物、商用電力、通信回線等のインフラが比較的近傍に存在することが判明していたため、これらの既存インフラを活用しながら、市街地に施工拠点(遠隔操作室)を置き、現場までの長距離無線通信を活用した方法で無人化施工を行うことが出来ないかを検討した。

従来の無人化施工では、現場付近に遠隔操作室を設置し、施工箇所全域にカメラや無線の基地局等無人化施工を支援するインフラを設営する方法がとられている。本工事で検討をした長距離無線通信を活用した無人化施工の方法では、被災地まで見通せる

既存の建物を情報操作室として活用し、現場まで最新の長距離大容量無線を活用することで従来のように現場近傍に遠隔操作室を設置せず、無人化施工を行うことが可能になると考えた。作業機車載カメラや作業箇所を俯瞰する固定カメラから得られる画像を見ながら、ラジコン搭載の建設機械を安全な場所から操作する無人化施工の方式である。また、通信事業者が提供する無線インフラも併せて活用することにより、現場従事者の位置、建設機械の位置等をリアルタイムに把握してデジタル地図上に表示するマッピング技術も実現可能になると考えた。

現地調査の検討段階では、無人化施工のための通信・電力などのインフラを下流側から上流に向けて河道内に沿って敷設できるか、避難勧告のエリア外において遠隔操作の拠点として、被災していない安全で商用電源が確保できる場所かつ電波の飛ぶ高台施設の選定が可能か、現地の電波インフラの状況確認、建設無人化施工協会への早々に稼働できる無人化施工機械があるかの確認、長距離遠隔施工をするために必要な信号変換を行う機器の材料が入手できるかの確認等が必要になった。これらの検討の結果、工事現場が細長く、狭隘であり、高低差や樹木等もあることから電波の状況が悪く、長距離無線を飛ばすにはインフラ整備が必須となり、整備には多大な時間、費用がかかる事が判明したことから、当地での適用を断念した。

### (3) その他の安全対策

本工事の現場は、工事範囲が約1kmに及び、また被災地内の工事であったため、工事関係者の安全に関して細心の注意を払う必要があった。そこで、工事関係者の判断や安全性・生産性を支援するための現場管理システムである「T-iDigital Field<sup>1)</sup>」を導入した。

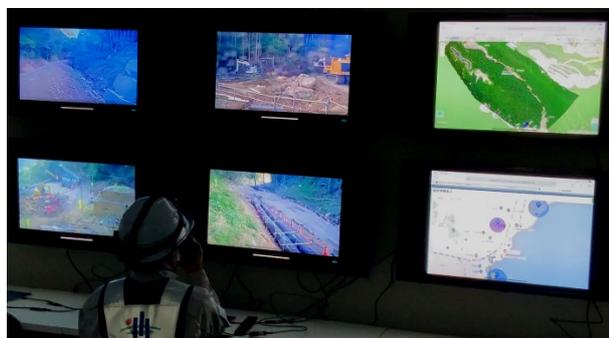


写真-11 T-iDigital Field 管理状況

このシステムは受注者である大成建設株式会社が開発したものであり、スマートフォンやタブレット等から作業員・重機等の状況や工事の安全・工程等をリアルタイムに把握できるシステムである。本工

事においては、「T-iDigital Field」のアプリケーション群から安全対策を強化するため「カメラビュー」アプリ、「重機・人等位置管理」アプリを使用することとした。

カメラビューアプリは、固定型のクラウドカメラを複数台設置することで、現場全体を可視化し、昼夜作業の安全確認や工事の進捗等を情報共有することが可能である。映像は常時録画されており、現場事務所のパソコンのほかスマートフォンやタブレットなどにより閲覧できる。このことから、作業状況を常時監視することが出来、作業員の不安全行動の抑止、また作業状況の振返りによる不安全行動の発見、安全教育等に活用した。

重機・人等位置管理アプリは、現場内における建設機械や工事関係者の作業位置・稼働状況をリアルタイムに把握することができるアプリである。このことから、遠隔での安全確認や安全指示の支援、また緊急避難が必要になった場合において、現場のどこに工事関係者や重機が残っているか等もリアルタイムに確認できるなど、退避状況の把握支援にも大きく貢献している。

### 3. まとめ

本工事現場は、土砂崩落が発生した源頭部に近い箇所での施工が必要であり、河道内に残った不安定土砂による二次災害のおそれが懸念された。

このことから、無人化バックホウや T-iDigital-Field を採用し、遠隔から重機を操作することで、作業員の安全性を確保した。

今後も工事完了まで、安全を確保しつつ、新設砂防堰堤の施工を進めていく。



図-5 新設砂防堰堤完成予想図

謝辞：本論文を作成するにあたり、大成建設株式会社様と熱海緊急砂防出張所をはじめとする富士砂防事務所の職員にご指導いただいた。

### 参考文献

1) 土木施工 2022年6月号：【初校】熱海土石流災害への取組みについて 大成建設株式会社