

# 浅間山の火山噴火を想定した 無人化施工機械操作講習会

国土交通省 関東地方整備局  
利根川水系砂防事務所

よしだ けんじ  
**吉田 賢司**  
建設監督官

## 1. はじめに

利根川水系砂防事務所は、群馬県における利根川上流域の支川である片品川・吾妻川・烏川・神流川について直轄砂防事業を行っています。また、管内には、全国111の活火山のうち日光白根山、赤城山、榛名山、草津白根山、そして浅間山の5つの活火山をかかえています。



図-1 利根川流域図

特に浅間山は、令和5年9月現在、全国にて噴火警戒レベル2以上が発令されている6つの内の1つとなっています。

本稿では、当事務所で行っている「浅間山の火山噴火を想定した無人化施工機械操作講習会」の取り組みを紹介します。

### 1.1 浅間山について

浅間山は、群馬・長野県の境に位置する活火山で、その山麓は、日本三大外国人避暑地として明治期より開発が進められた軽井沢などをかかえ、別荘やリゾート施設が分布しています。

また、有史以降数多くの噴火記録があり、天明の飢饉の原因の一つとされる天明3年（1783）の大噴火では、火砕流により嬬恋村（旧鎌原村）の一村約150戸が飲み込まれ、483名が死亡したほか、群馬県下では1、

400名を越す犠牲者を出しました。



図-2 浅間山夜分大焼之図(長野県小諸市美津洋氏所蔵)

近年の噴火のうち、昭和33年～34年の噴火では爆風によりガラスの破損が多数発生し、火山弾は3～4kmまで飛び山火が発生。昭和48年2月の噴火では融雪型火山泥流が発生。平成以降も複数回の噴火が発生し、令和元年8月の小噴火では噴火警戒レベル3（入山規制）となりました。



図-3 昭和48年2月の中規模噴火に伴う火砕流

### 1.2 浅間山直轄火山砂防事業について

このように、浅間山は、国内の火山の中でも極めて活動的であり、噴火した場合は、積雪期であれば火砕流による融雪型火山泥流や、噴火後の降雨による土石流により、群馬・長野両県の広範囲に影響が及ぶとともに、首都圏の経済活動にも甚大な影響が及ぶことが懸念されます。

このため、当事務所では、平成24年度から噴火に伴

う土砂災害に備え、平常時からの準備（基本対策）を行うとともに、火山活動の状況に応じた機動的な緊急対策を行い、火山噴火に伴う土砂災害（融雪型火山泥流等）の被害をできる限り軽減（減災）するため「浅間山直轄火山砂防事業（火山噴火緊急減災対策事業）」を実施しています。



図-4 融雪型火山泥流の被害想定範囲と対策計画図(火砕流 27万m<sup>3</sup>・積雪深0.5m)

※今後の調査・検討により堰堤位置、基数等に変更になる場合があります。

浅間山直轄火山砂防事業は、昭和33年12月の観測史上最大の火砕流規模27万m<sup>3</sup>において平均積雪深0.5mで発生した際の泥流規模を想定して対策施設を整備しています。

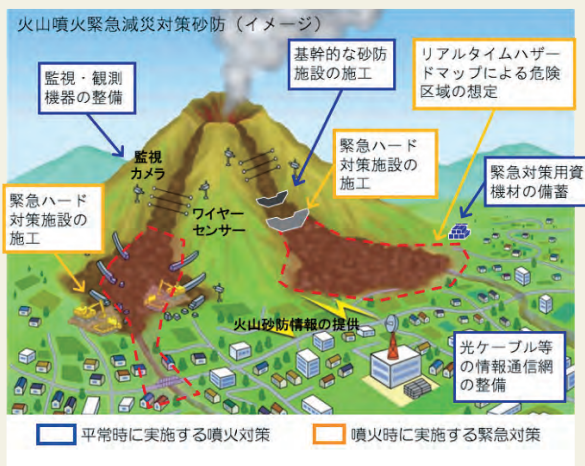


図-5 火山噴火緊急減災対策イメージ

ハード対策としては、噴火警戒レベル3が発令された際に、立ち入り禁止区域となる火口から4km圏の外側に、想定される融雪型火山泥流等を捕捉するため、火口に近い方へ基本対策施設として砂防堰堤を整備し、火口から遠い方では、緊急対策施設として砂防堰堤の非越流部の整備を行っています。

特に、緊急対策施設の越流部は、火山活動の状況に応

じて越流部へコンクリートブロック積みを実施することにより機動的に対策を実施します。このため、平常時に、越流部に積むコンクリートブロックを備蓄しています。

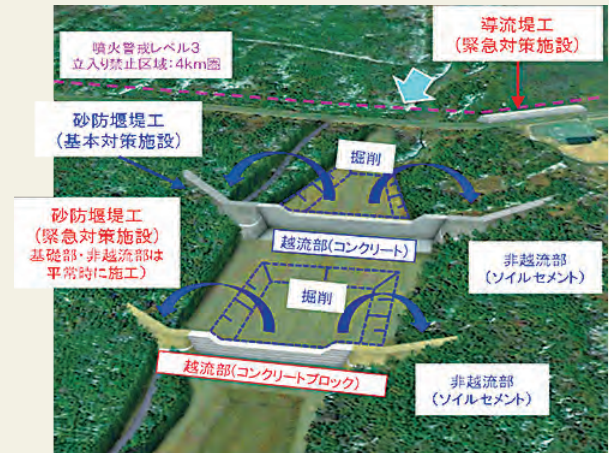


図-6 対策施設イメージ

また、ソフト対策としては、土石流や火山泥流などの発生をいち早く知るために、監視カメラ等の観測機器や光ケーブルの整備、火山噴火時に立ち入り禁止区域内での降灰量調査システム等の技術開発を行っています。



図-7 CCTV監視カメラの設置状況

## 2. 無人化施工の取り組み

浅間山が噴火した場合には、積雪期の火砕流による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るため、これらの土砂災害を軽減するために緊急対策工事を実施します。

緊急対策工事は、噴火が予想される場合に立ち入り禁止区域の外側で実施しますが、作業員の安全を確保するため、遠隔操作式建設機械（以下、「無人化施工機械」という。）を使用した無人化施工を想定しています。

このため、利根川水系砂防事務所では、平時から建設機械オペレータの方に無人化施工機械の操作に慣れていただくことで、噴火時における緊急対策工事の安全かつ円滑な施工を確保するため、無人化施工機械操作講習会





図-8 令和5年度 無人化施工機械講習会の様子

(以下、「講習会」という。)を実施しています。

講習会は、平成19年度に北陸、関東、九州の各地方整備局が開発した無人化施工機械を集めて実施したことが始まりとなり、今年度で15回目の開催となります。

今年度の講習会は、以下の概要にて、令和5年9月20日に、長野県御代田町にて開催しました。

**【施工会場】**

- 「R5濁川第一砂防堰堤工事」施工現場  
⇒当現場は、緊急対策施設整備の土工の一部を無人化施工にて実施

**【操作会場】**

- 当事務所の浅間山出張所に操作室を設置  
⇒浅間山出張所の操作室と施工現場の直線距離は約3.6km

**【施工内容】**

- ICTバックホウによる土砂掘削
- キャリアダンプによる土砂運搬

**【講習会の参加者】**

●災害時応急対策事業に関する協定会社 17社 28名  
●長野県・群馬県庁職員、及び各県建設業協会 21名  
また、本講習会の来賓として、地元自治体首長である小泉小諸市長、小園御代田町長にもご出席いただき、無人化施工機械の操作体験を行っていただきました。両首長からは「噴火時の応急対策を無人化施工で行うことへの理解の深化」や「無人化施工講習会を継続的に実施することが重要である」旨のお言葉をいただきました。

**3. 無人化施工の実施概要について**

今回の無人化施工は、直線距離にして約3.6km離れている施工現場と操作室間を、はじめて国土交通省の監視カメラ用に敷設した光ファイバーを用いて、ネットワーク型操作方式により実施しました。

以下、構成毎の設置内容、工夫、実施結果と導入時間について記載します。

**3.1 通信環境**

**3.1.1 設置内容**

各砂防施設には、監視用としてCCTV監視カメラを設置しています。今回の操作室（出張所）と施工現場の通信は、そのCCTV用の光ファイバーの予備芯を用いて構築しました。

操作室内の通信は、4K画像を1枚と操作信号を伝送するため、伝送容量は最大100Mbpsと想定されたので、カテゴリ5eのLANケーブルを使用しました。

施工現場の通信は、通信速度と安定性の観点により5GHz帯により構築しました。



図-9 中継基地局の設置状況

### 3. 1. 2 工夫

施工現場の中継基地局は、単管パイプでアンテナを設置し、電力は、燃料給油が必要ないソーラーパネル発電により供給しました。

### 3. 1. 3 実施結果

映像伝送の遅延時間については、操作者より「操作体感としては若干の遅れを感じるが、操作の慣れにより解消できるレベルである。」との意見を得られました。

遅延時間の短縮は、昨年度と比較して、国土交通省の光ファイバー網を利用できたことで、通信キャリアの光ファイバー網を利用する場合に必要なルーターでのパケット処理が不要となったことが寄与していると考えられます。

また、施工現場の、中継基地と無人化施工機械の作業範囲は約300mでしたが、映像伝送装置のアンテナの指向性が強いので、安定した通信状況を確保するための機材選定に時間を費やしました。

## 3. 2 遠隔操作機器

### 3. 2. 1 設置内容

遠隔操作機器は、昨年度はプレハブの操作室へコックピット型を設置しましたが、今回は、出張所2階会議室に操作室を設置しました。このため、搬入のしやすさを考え、モニター数を最小限にし、操作機⇒ゲーム用コントロースティック、操作席⇒ゲームチェアとし、操作機を操作席へ取り付けする方法としました。

映像は、重機操作用の映像の他に、重機の掘削⇒積み込み⇒運搬⇒荷下ろしの稼働状況が俯瞰的に確認できるよう、『高所作業車』へ俯瞰カメラ（今回の工事範囲は2台設置）を取り付けた映像を、俯瞰カメラ毎にそれぞれの重機操作席へ配信しました。また、映像は、遠近感が把握できるよう、全て4K映像としました。

#### ○ ICTバックホウ（マシンコントロール）

俯瞰カメラ以外のモニターは、バケット操作に集中できるように、バケット可動範囲の映像を32インチモニター



図-10 ICTバックホウ操作席

1台に映すようにしました。

#### ○ キャリアダンプ

俯瞰カメラ以外のモニターは、運転席から両目で視認できる120度が映像確認できるよう27インチモニター3台をセットしました。



図-11 キャリアダンプ操作席

### 3. 2. 2 工夫

#### ○ ICTバックホウ

昨年度、48インチモニター3台で前方の映像を映していましたが、バケット可動範囲以外の映像が視界に入ると疲労感等につながるとの意見があったため、今回はモニター台数と画角を絞り込みました。

ピントは、掘削時の刃先に合うようにセットしました。

#### ○ キャリアダンプ

人間の視認範囲は200度ですが、両目で見える範囲外の映像が視界に入ると疲労感等につながるため、映像の視界範囲を120度としました。

### 3. 2. 3 実施結果

#### ○ ICTバックホウ

モニターを1台としたことは好評でしたが、バケット可動範囲の上下方向は大きな画面で映す方が作業しやすいとの意見が多数ありました。

#### ○ キャリアダンプ

斜面等を色彩の変化で認識しますが、モニター映像では、天候により色彩が変化するので遠近感や斜面の認識がしづらいため、俯瞰カメラ映像が活躍しました。

## 3. 3 無人化施工機械

### 3. 3. 1 設置内容

遠隔操縦装置は、後付け遠隔操縦装置のうち大林組が開発した「サロゲート」を設置しました。

### 3. 3. 2 工夫

#### ○ ICTバックホウ

カメラは運転席後部に設置することで、搭乗操作と遠隔操作が両方可能となるようにしました。



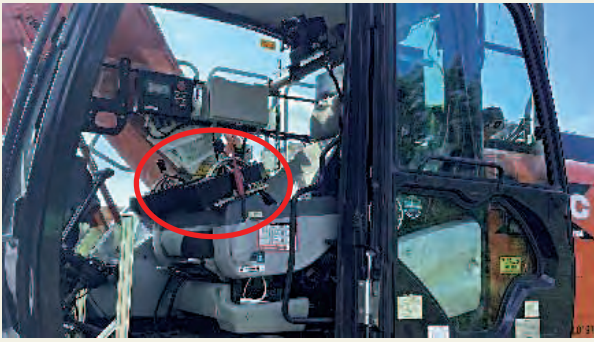


図-12 サロゲート取り付け状況(バックホウ)

#### ○ キャリアダンプ

横方向のカメラは、運転席に広角カメラを設置するのではなく、車両側面の障害物等の映像が確認できるよう、車体側面へ取り付けました。



図-13 カメラ設置状況(キャリアダンプ)

### 3.3.3 実施結果

遠隔操作時のサイクルタイムを「通常の登場操作」、「無人化施工操作の初日作業」、「無人化施工操作の最終日作業」で比較した結果を以下に記載します。

#### ○ バックホウ

通常の搭乗操作 約3分(推定)

<今回の無人化施工操作>

初日 約3分20秒(6回積み込み)

最終日 約2分50秒

#### ○ キャリアダンプ

通常の搭乗操作 約5分(推定)

<今回の無人化施工操作>

初日 約10分

最終日 約7分

※走行速度を65%程度にしています。

以上の結果より、バックホウ、キャリアダンプ操作ともに、習熟により作業効率の上昇が大きく、通常の搭乗操作と今回の無人化施工操作とで作業効率は同等となる結果でした。なお、キャリアダンプの施工は、速度を抑えましたが、映像からでは斜面等の状況が認識しづらいため、安全性の観点より走行速度の割合を上げることは難しいとの印象でした。

### 3.4 導入時間

現場へ搬入された重機への遠隔操作機器の設置、電送施設の設置、操作席の設置で概ね1週間を必要としました。特に、今回の設置では電送施設の機器選定に時間を費やしました。

### 3.5 新たな試み

今回の通信環境は、光ファイバーとWi-fiで行いましたが、環境構築に1週間程度を費やしました。一方で衛星回線を用いて迅速かつ広範囲に通信環境が整備できれば、災害時に非常に有効な手法となります。

このため、衛星回線の現状課題を把握するためスターリンク回線を用いて、施工現場映像を操作室へ伝送する試みを行いました。

結果としては、衛星毎の通信環境の切り替え時の通信途切れや、映像の時差が大きく、現段階では無人化施工の回線としては使用が難しい状況を確認しました。



図-14 スターリンク設置状況

## 4. おわりに

無人化施工機械講習会は、毎年実施することが、以下の3つの「しんか」が図れると考えています。

- 無人化施工機械の「設置方法」、「機械」、「操作」への基本的な技術や知識の深化
- 新技術の活用検証と進化
- 協定会社、関係自治体の連携深化

このため、来年度以降も3つの「しんか」を続けながら、噴火時における緊急対策工事の安全かつ円滑な施工を確保するため、無人化施工機械操作講習会を実施していきます。

最後に、本寄稿に際し、竹花組の川井様、大林組の富永様、日立建機日本の小倉様には、お忙しいところ多くのご助言・ご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。