

# 富士山源頭域における遠隔操作による吹付技術の開発 ～無人化施工への取り組み～

中部地方整備局 富士砂防事務所 建設監督官 石川 裕一

## 1. 目的

砂防工事における遠隔操作による無人化施工機械の開発、導入は、平成2年以降の雲仙普賢岳噴火災害の復旧・復興事業や平成8年蒲原沢で発生した土石流による作業員の死亡事故を背景としている。現在、雲仙普賢岳、桜島など特に活火山地域における危険な現場で、作業を安全に行う目的から、ブルドーザ、バックホウなどの土工用機械を中心とした無人化施工が行われている。

当事務所が砂防工事を実施している富士山は、梅雨・台風期の降雨や融雪水により年間を通じて土石流が発生する危険性がある。さらに、富士山源頭域における調査工事現場は、急峻な地形で、常時落石や落雷が発生する特に危険な現場であるため、作業員の安全確保は、発注者、受注者ともに重要な課題となっている。

このため、当事務所では平成9年度より遠隔操作による無人化施工技術に関する調査検討を開始した。平成12年度からは富士山源頭域斜面の侵食防止を目的としたコンクリート吹付について、無人化施工技術の開発検討を実施している。

本報告は、今回開発導入した遠隔操作による吹付技術の現場への適用性等について報告するものである。



写真－1 富士山源頭域

(施工現場は峡谷部に位置する)

## 2. 富士山源頭域調査工事

富士山大沢崩れは富士山の西斜面に位置し、ほぼ山頂付近から始まる延長約2.1km、幅約500mもの大崩壊地である。また、斜面崩落は年平均約16万 $m^3$  (10tダンプ3万2000台分)のペースで現在も続いている。

土砂生産源対策は砂防事業の基本であるが、高標高・急傾斜といった現地の自然環境が厳しいこと、資材運搬が困難なこと、自然環境・景観との調和など課題が多くあるため、直ちに工事に着手することはできない。そこで、昭和57年度より富士山源頭域調査工事として種々の試験施工を行っている。

富士山源頭域調査工事によって、次ページの課題について把握・解決することとしている。

- ①高標高、急斜面、低温地域という条件での施工性
- ②高標高部での気象条件が工程・歩掛・品質に及ぼす影響
- ③作業員の安全管理
- ④資材運搬方法、作業員の通勤方法
- ⑤施工した施設の土石流エネルギーや激しい気象条件への適用性
- ⑥植生の復元

具体的には、落石防護柵（ロックネット）、擁壁工、吹付工、溪岸保護工などの斜面崩壊防止、滝の後退防止のための試験工事を実施し、有効な対策方法の調査検討を実施している。

### 3. 調査検討内容

#### 3. 1 吹付工の概要

吹付工は、図-1に示すスコリア侵食防止工のひとつで、崩壊の拡大を防止するために侵食されたスコリア層に裏込め処理を行った後、吹付壁を建設するものである。

吹付壁は粗吹付と仕上げ吹付の2層とし、壁勾配1：0.3（73°）、壁厚25cmで計画している。

従来の施工方法は、急傾斜地のため足場が不可欠なうえ、落石等の危険がある中、吹付ノズル（2インチ径）を作業員が保持し吹付作業を行っているのが現状で、危険で過酷な作業環境にさらされている。（写真-2）

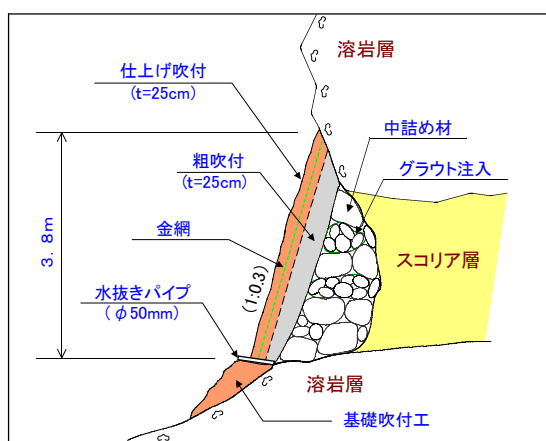


図-1 スコリア侵食対策工



写真-2 人力によるコンクリート吹付状況

#### 3. 2 吹付技術を活用した無人化施工（吹付システム）

スコリア侵食防止工は裏込め工と吹付工で構成される。作業の工程では裏込め工での中詰め材の積込と吹付工でのコンクリートの吹付時間のウエイトが高い。

そこで中詰め材の積込及びコンクリート吹付について無人化施工技術を導入することとした。ただし、本報告では吹付技術にテーマを絞ることとし、中詰め材の積込技術については、割愛した。

## (1) 吹付システムの構成

吹付システムは、ベースマシン、吹付装置、距離測定装置（多眼ステレオカメラ）、コントローラ（ラジコン送信器）、操作室内の遠隔操作支援機器類で構成している。



写真-3 吹付システム

## (2) 吹付システムの機能

吹付システムはセンサ、作業機械の制御ソフト、画像表示関連ソフト等により、急傾斜地での使用を考慮し次のような機能を充実させた。

### ●レバー1本による吹付作業

ベースマシンと吹付装置の姿勢を検知・解析し、これらを連動制御する機構により、多眼ステレオカメラで測定した吹付面と作業機械の位置関係に基づき、レバー1本による操作で吹付装置等を任意な姿勢に維持しつつ上下・左右・前後に動かすことを可能にした。

### ●出来形管理

多眼ステレオカメラで測定したデータを高速処理することにより、リアルタイムに吹付厚や吹付壁の勾配を操作室のモニターにカラー画像（3種類）として表示する。

吹付厚は平面的な分布図、横断面あるいは縦断面による表示が可能である。仕上げ位置に設計勾配の基準線を設定すれば、仕上げ面までの吹付が可能となる。

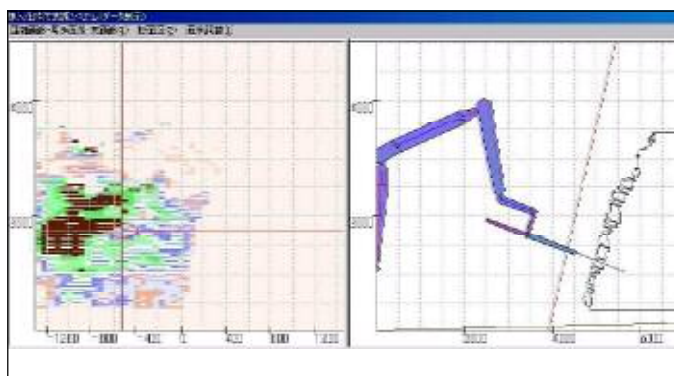


図-2 出来形表示画面

## ●人力に比べ高い作業能力

人力作業（2インチ）に比べ大口徑（3インチ）の吹付ホースが使用可能となり、時間当たりの吐出量を大きくできる。

### （3）これまでの試験結果と今後の方針

吹付システムは平成13年度に平場での機能試験、平成14年度には実際に富士山峡谷部において現地試験を実施した。その結果、施工機械の位置設定1回につき幅2m、高さ3.5mしか施工できず、設定回数や設定によるロス時間が大きいこと、また、スコリヤ侵食対策工全体では、どうしても人力に頼らなければならない工程があるなどの問題点も指摘されたことから、現在情報化施工技術を応用し、施工対象面全体を事前に座標としてとらえ、施工機械の状態や位置を把握することで設定回数を大幅に減らすことが可能となるようシステムの改良を実施している。また、多眼ステレオカメラについては、高性能デジタルカメラが普及してきたことから、これまでの9眼式から少眼式に変更しカメラ調整時間の短縮やコンパクト化を図っていく予定である。

## 4. 結論

これまでの成果として、限定された条件下であればコンクリート吹付厚をリアルタイムで把握でき、出来形管理も本システムで行うことが可能となった。今年度、3.（3）の改良を行うことでコンクリート吹付機としての当初の目的は達成できる。

ただし、富士山大沢崩れ対策といった急勾配、狭小な地形さらには大規模な対策エリアでの技術活用を想定した場合、現在進めている既存技術の応用を主とした開発では対応に限界がある。

このため検討内容を「砂防、ダム事業などの急傾斜地を想定した無人化技術」及び「大沢崩れ対策に特化した無人化技術」に区分することで、即実用可能な技術から、より高度で複雑な将来技術まで幅広い検討が可能となり、取りこぼし技術（アイデアの段階で潰してしまう技術）を減らすことができる。

無人化施工は、土木技術、機械技術、画像伝送・処理技術等のIT技術が融合したものである。これらの技術をより効果的に融合させるために関係機関と十分な調整を図りなが推進していくことが重要である。

最後に、引き続き本テーマへの取り組みに対する理解と協力をお願いするとともに、本報告をまとめるにあたりご指導いただいた関係者の方々に深く感謝の意を表すものである。

参考文献：「緊急時の無人化施工ガイドブック」（財）先端建設技術センター編 2001.7