

砂防における無人化施工技術の発展にむけて 事態調査・アンケート結果に基づく一考察

国土交通省 九州地方整備局雲仙復興事務所 萬徳昌昭^{※1}、宮元 洋^{※2}、堀之内義博^{※3}
砂防エンジニアリング株式会社 松井宗廣、○櫻井一也、岡村祐介
一般財団法人 先端建設技術センター 吉田 貴、井澤昌佳、小川正博

1 はじめに

砂防における無人化施工技術は雲仙普賢岳火山噴火災害を契機とし、火砕流等に対する有人作業の危険が想定されたことから、これに対応するため開発され、その後も継続的に無人化施工工事が実施されてきている。雲仙の無人化施工技術はその後、有珠や三宅島の火山噴火対策、中越地震により生じた天然ダム対策等に活用された。現在では、危険因子（ハザード）が存在し有人作業では危険な作業現場において全国的に展開されている。一方、雲仙における砂防施設整備は一定水準に達しつつあり、今後とも継続的な無人化施工工事が実施されていくとは限らない局面を迎えつつある。そこで、雲仙で生まれた砂防における無人化施工技術がよりよく伝承され、今後の一層の無人化施工技術の発展に資することを目的として、最近の無人化施工工事の実態調査、ヒアリング、アンケート調査を行い、無人化施工技術の現状における課題を明らかにするとともに、課題解決に向けた方策について考察した。

2 最近の施工技術の適用実態

2.1 雲仙における適用事例

雲仙復興事務所管内では平成6年に実施された除石工以降、平成25年3月現在まで61工事に無人化施工が適用されている。適用工事は除石工事、砂防堰堤工事、床固工工事等であり、適用工種はRCC、CSG、鋼製スリット等、多岐にわたる。雲仙の現場では、溶岩ドームの大規模崩落による危険が引き続き存在しており警戒区域が設定されている。

同区域内における最近の適用事例として、赤松谷川8号床固工工事(平成23年度)の状況を写真-1に示す。

当該工事での無人化施工の適用工種は土工、RCC工、仮設工等である。情報通信技術として無線LANネットワーク操作方式の採用、カメラ配置として固定カメラ6台・移動カメラ車4台の採用等が当該工事の施工条件の特徴として挙げられる。

2.2 紀伊山地における適用事例

紀伊山地砂防事務所管内では、平成23年9月の台風12号の通過に伴う暴風雨により発生した大規模土砂災害に対する緊急対策工事で無人化施工が適用されている。

無人化施工が適用されたのは、北股地区・清水地区での対策工事であり、その工事概要は以下のとおりである。

(1) 北股地区の事例

当該地区では斜面頭部の不安定土塊の崩落を危険因子とし、この危険因子を取り除く作業に無人化施工を適用している。

北股地区での無人化施工の適用箇所を写真-2に示す。

当該工事での無人化施工の適用工種は土工(法面整形工)である。施工条件の特徴として、光ファイバーを使用した無線LANネットワーク操作方式による情報通信技術の採用、カメラ配置として固定カメラ5台の採用等が挙げられる。また、施工者は、雲仙管内での無人化施工実績を有することも特徴である。

(2) 清水地区の事例

当該地区では斜面からの落石及び崩積土の流下を危険因子とし、この危険因子の下部での作業に無人化施工を適用している。

清水地区での無人化施工の施工状況を写真-3に示す。

当該工事では防護土堤の構築(土工)に無人化施工を適用している。施工条件の特徴は直接目視による機械操作である。また、施工者・機械オペレーターともに、無人化施工の実績を有していないことが特徴である。



写真-1 赤松谷川8号床固工の施工状況



写真-2 北股地区の無人化施工適用箇所²⁾



写真-3 無人化施工状況：清水地区³⁾

※1 現所属：一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ※2 現所属：国土交通省川辺川ダム砂防事務所 ※3 現所属：国土交通省大隅河川国道事務所

3 アンケート、ヒアリング調査

3.1 調査対象現場

調査結果の対象としては雲仙の砂防現場(施工業者 5 社)、紀伊山地砂防事務所における無人化施工現場とし、発注者ならびに施工者の其々の立場の技術者からアンケート及びヒアリング調査を行った。

3.2 主要アンケート結果

アンケート調査の結果を表-1 に示す。アンケート調査の結果、雲仙の施工者は、施工機械の老朽化、積算基準の適正化、機械オペレーターの高齢化を無人化施工の代表的な課題として認識していることが確認された。一方で、紀伊山地砂防事務所の施工者も同様に、機械オペレーターに関する課題が挙げられている。

機械オペレーターに関する課題は、継続的に無人化施工を実施している雲仙、緊急的に無人化施工が実施された紀伊山地に共通するものである。このことから施工者は、機械オペレーターに関する課題が最も重要であると認識しているものと想像できる。

3.3 主要ヒアリング結果

ヒアリング結果を表-2 に示す。技術の継承という観点からは、雲仙事務所管内のヒアリング調査の結果より、遠隔操作オペレーターの不足に対して新しいオペレーターを入れて技術の継承を図っているが、継続的な無人化施工の工事発注が技術の継承にとって必要であることが指摘された。

また、紀伊山地砂防事務所の発注者へのヒアリング調査結果より、無人化施工を計画する場合には、無人化施工の事例集が役立つことが指摘された。

3.4 アンケート結果に基づく対応策

以上の結果から、無人化施工技術の発展に向けて必要な課題への対応策を表-3 にとりまとめた。

4 おわりに

本稿においては最近の無人化施工の実態調査と同箇所における発注者、施工者のそれぞれの立場の関係技術者からのヒアリング結果等を基に今後の無人化施工技術発展のために必要な事項を整理した。結果としては、従来から必要であると指摘されてきた事項⁴⁾が再確認されたといえる。従って、技術の継承・発展には、それらの指摘事項を実行に移すことが求められていると言えよう。その意味において、無人化施工適用基準(仮称)を具体化するなどにより、同工事が持続的に全国の砂防現場において展開されるような仕組み造りが有力な手段の一つとなると考えられる。この様な仕組み造りに向けての関係機関ならびに砂防関係技術者諸兄のご尽力を期待したい。おわりに、ヒアリング調査にご協力頂いた皆様に対して深甚の感謝の意するとともに、今後の無人化施工技術のさらなる発展を心より祈念します。

【参考資料】

- 1) 財団法人先端建設技術センター：緊急時の無人化施工ガイドブック、2001年4月
- 2) 一般社団法人日本建設機械施工協会：J CMA 関西, vol. 101, p. 7, 2012年8月
- 3) 近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所：平成23年台風12号土砂災害関連情報、2012年9月
- 4) http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000074.html 「第2回建設ロボット技術に関する懇談会」資料2, p35, 38等

表-1 主要アンケート結果

項目	雲仙復興事務所管内 (施工業者 5社)	紀伊山地砂防事務所管内	
		北股地区(施工者)	清水地区(施工者)
施工機械の老朽化	・受注の不安定性から、重機更新意欲が低下。多くの機械が耐用年数を超えており故障が多く発生。	-	-
施工効率の低下 (有人施工と比較して)	・土工工事では2~4割程度、砂防堰堤工(RCC)では2~5割程度の施工効率が低下。	・約4割程度の施工効率の低下(土工工事)	・約3割程度の施工効率の低下(土工工事)
遠隔操作オペレーターの不足	・オペレーターの高齢化が進んでおり、技術の伝承が課題	・オペレーターの認定制度の創設	・オペレーターの登録制度を確立し、緊急時に出勤要請ができる体制づくり ・オペレーターの技術低下の防止を目的とした講習会の実施。
準備期間の必要性	・目視操作の場合は、1週間程度 ・大型遠隔操作機械および長距離無線を使用する場合は、1ヶ月程度	・無線機器基地局申請に2週間程度 ・光ファイバー接続に1週間程度	・オペレーターの講習・技術向上に1週間程度必要。
設計・積算の合理化	・移動カメラ固定カメラの積算上の台数が不足していると考えられる。	-	-
マニュアルの整備 ・無人化施工技術の維持	・いろんな施工現場に適応したマニュアルの整備	-	-

表-2 主要ヒアリング結果

項目	雲仙復興事務所管内 (施工業者 5社)	紀伊山地砂防事務所管内	
		北股地区(施工者)	清水地区(施工者)
施工機械の老朽化	・無線操作振動ローラーは十数年前の老朽機械で国内に3台しか現存せず、新規の製造が行われていない。	-	-
施工効率の低下 (有人施工と比較して)	-	・画面を見ての作業のため1時間当たり10分の休憩。約4割程度の施工効率の低下。	・作業開始当初は約5割程度の施工効率の低下。 ・1週間後は、機械操作になれたため、約2割程度の施工効率の低下。
遠隔操作オペレーターの不足	・新しいオペレーターを入れて技術の継承をおこなっているが、無人化の工事がなければ技術も途絶えてしまう。	-	・無人化施工経験者がいなかったため、施工機械・整備に精通している作業員を選定し、現場講習により対応。
施工精度・品質管理	・施工管理機械の精度が数mm単位まで計測が可能なので、その精度まで出来高、出来形の確認が可能。	-	-
設計・積算の合理化	・施工条件(施工量・施工ヤード・危険度等)を考慮した補正係数の設定。	-	-
マニュアルの整備 ・無人化施工技術の維持	・無人化施工効率についての考え方やカメラ配置の基本的なパターンを記述。	※無人化施工を計画する場合、無人化施工現場の事例集があれば役立つ。	

※：発注者より回答をいただいた内容

表-3 無人化施工技術の発展に向けての課題と対応策

項目	無人化施工技術の発展に向けて必要な課題への対応策
施工機械の老朽化	・継続的な無人化施工機会の確保
施工効率の低下 (有人施工と比較して)	・施工効率の実態調査の実施と実態調査結果に基づく積算基準の設定
遠隔操作オペレーターの不足	・継続的な無人化施工機会の確保など
施工精度・品質管理	・工事目的に応じた出来形管理基準の設定
準備期間の必要性	・準備期間中に必要な作業項目をマニュアル等に例示
設計・積算の合理化	・実態調査に基づく積算基準体系の整備と施工条件を考慮した施工効率の設定
マニュアルの整備 ・無人化施工技術の維持	・マニュアルの充実・定期的更新