

雲仙復興事務所における無人化施工技術の取組とICT土工の導入効果について

国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 砂防課長 うちだ 内田 ともひこ 智彦

1. はじめに

雲仙復興事務所では、平成2年から始まった雲仙普賢岳の噴火災害を受けて、平成5年4月に直轄砂防事業に着手した。

当初は、火砕流・土石流が多発し火山災害から人命・財産・交通等の被害を軽減するため、土石流の影響を受ける区域での除石工事が急務であった(写真-1)。

そこで、同年7月に無人化施工(遠隔操作)の技術提案を広く民間に求めた「試験フィールド制度」で公募を行い、6技術が選定された。

導入当初は、除石工事から始まった無人化施工も、施工機械の改良や通信技術の向上等に伴い、コンクリート構造物や鋼製スリットを無人化施工

で築造できるまでに技術開発が進展し、全国の危険箇所でも活躍している(写真-2)。

現在、一連の噴火活動は終息しているものの、雲仙・普賢岳周辺には、溶岩ドームと称される巨大な岩塊群約1億 m^3 が不安定に存在しており、観測を開始した平成9年から現在まで、南東の方角に約1.2m移動(写真-3)が確認されており、崩壊等の危険性が懸念されるため、平成23年から24年にかけて「雲仙普賢岳溶岩ドーム崩落に関する危険度評価検討委員会」及び「雲仙・普賢岳溶岩ドーム崩壊に関する調査・観測及び対策検討委員会」を開催した。

これらの委員会により、溶岩ドーム崩壊時に下流に被害発生可能性があることが示され、今後も溶岩ドームの挙動について継続的な調査・観測が必要であること、発生可能性が高い災害に対しては事前にハード対策を行うべきこと、並びに関



写真-1 噴火災害当時：平成5年9月6日撮影



写真-2 無人化施工による鋼製スリット設置

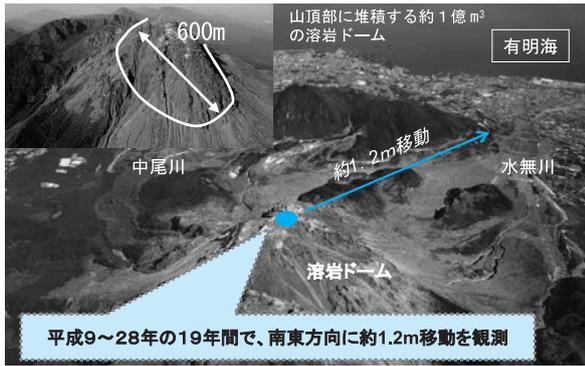


写真-3 溶岩ドーム状況とドーム拡大写真

係機関が連携して雲仙・普賢岳の防災対策に取り組むべきであることが提言されている。

これらを踏まえて、土石流に対する砂防設備の推進や、溶岩ドーム崩壊対策のハード対策を無人化施工技術(図-1)を活用しながら進めているところである。

次節以降にて、無人化施工技術の経緯と「i-Construction」導入における当事務所の取組を説明する。

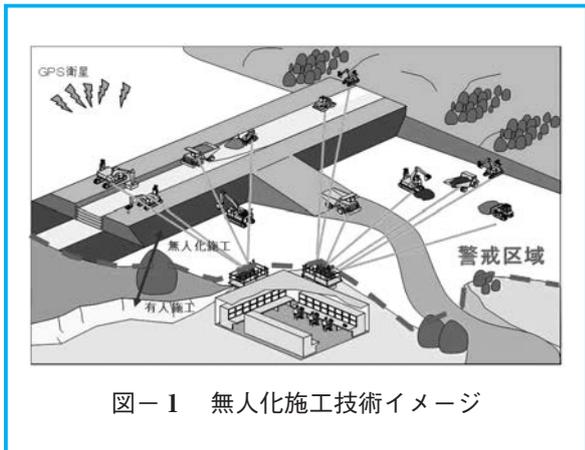


図-1 無人化施工技術イメージ

2. 無人化施工技術の開発経緯

雲仙復興事務所では、噴火直後から災害対策基本法に基づく「警戒区域」が指定されたことに鑑み、作業員の安全を確保するため、安全な箇所には操作室を設け、遠隔操作が行えるようにモニター方式を基本とした遠隔操作にて技術開発を進めた(図-2, 写真-4)。

初期の無人化施工では、重機→中継車→操作室

区分	第2世代: モニター操作方式		第3世代: 情報化施工方式										第4世代: ネットワーク型操作方式									
	モニター操作方式		情報化施工: 初期 【土工から施設構築工への展開】					情報化施工: 発展期 【情報化施工の発展】					【ネットワーク型操作方式の導入】									
年	1994 平成6年	1995 平成7年	1996 平成8年	1997 平成9年	1998 平成10年	1999 平成11年	2000 平成12年	2001 平成13年	2002 平成14年	2003 平成15年	2004 平成16年	2005 平成17年	2006 平成18年	2007 平成19年	2008 平成20年	2009 平成21年	2010 平成22年	2011 平成23年	2012 平成24年	2013 平成25年	2014 平成26年	
土木技術分野	○除石工事に無人化施工を採用	○GPSを用いた土工管理システムを採用	○無人バックホウによるGPS現況測量実施	○砂防堰堤工事にRCC工法を採用	○GPSを使用した数均し・転任管理システムの導入	○Pcaブロック(型枠)設置の無人化	○護床ブロック設置の無人化	○土砂型枠の施工線表示	○無人スライパ導入	○無人散水車の導入	○簡易支持力測定器を無人で使用	○着工前測量の無人化	○施工管理に伴う測量の無人化	○土工張およびライン引きの無人化	○バックホウガイダンスシステムの導入	○はつり作業の無人化	○無人測量実験	○無人ヘリ測量実験	○アーチカルバート設置工事	○無人植栽工事		
建設機械分野	遠隔操作式建設機械による除石工・堰堤工法技術の確立		遠隔操作式建設機械の開発・確立					工法等拡大に伴う機械の開発					情報化施工搭載型機械の導入									
情報通信技術分野	○多数の特定小電力無線を同時に使用(伝送距離150m)		○中継局を実験的に使用		○建設無線を使用(伝送距離800m)		○無線LANシステム実験		○無線LAN実証実験		○無線LAN通信システム導入		○超長距離遠隔操作実験									
主な施工実績工事	水無川1号砂防堰堤		水無川2号砂防堰堤		水無川3号砂防堰堤		赤松谷川1号砂防堰堤		赤松谷川2号砂防堰堤		赤松谷川3号砂防堰堤		赤松谷川4号砂防堰堤		赤松谷川5号砂防堰堤		赤松谷川6号砂防堰堤		赤松谷川7号砂防堰堤		赤松谷川8号砂防堰堤	

図-2 雲仙復興事務所管内での無人化施工技術開発経緯



写真-4 無人化施工技術操作室

(約600m)の範囲内で行っていたが、近年、地震や火山噴火など大規模かつ広域にまたがる災害が多発していることから、より遠隔から操作する技術の開発のニーズが高まり、平成23年に雲仙にて実証実験を行った。

概要としては、

- (1) 既設の光ファイバーケーブルを使った操作実験

重機→(無線)中継車→(無線)大野木場監視所^(注)→(光ケーブル)雲仙復興事務所

- (2) 長距離無線LANを使った操作実験

重機→(無線)中継車→(無線)大野木場監視所→(長距離無線LAN)雲仙復興事務所

- (3) 人工衛星を中継した操作実験

重機→(衛星通信)雲仙復興事務所(操作系の通信のみ、映像系は(1)と同じ通信経路)

また、既設の光ファイバーケーブルを利用した操作実験では、約80kmはなれた長崎河川国道事務所からの超遠隔操作実験も行った。

実験結果から、重機の実作動とモニター映像のタイムラグが1.5秒を超えると、作業効率が極端に落ちオペレーターの負担が増えることが分かった。

ここで開発された超長距離遠隔操作技術が、同年8月に発生した紀伊半島大水害における天然ダム対策でも活用されている。

(注) 大野木場監視所とは、水無川流域の土石流発生等の監視を行っている施設、避難所を兼ねている。

3. ICT技術導入による無人化施工

無人化施工は、現地画像を基に遠隔操作する工事であるため、その支援システムとして、早くからICT技術が導入されてきた(図-2の青枠)。

通常、ICT技術は着工前測量から電子データを取ることから始まるが、現在でも災害対策基本法に基づく警戒区域が設定されているため、航空レーザーやUAV測量で得た情報を基に設計データを組み込みモニター(マシンガイダンスシステム、写真-5、6)に映し出し、モニターを見ながら無人の建設機械で掘削床掘を行う。

これにより従前から実施していた現地への位置だし作業が軽減された。また、数量の把握やリフトスケジュール等、施工計画にも利用が可能となった。

床掘終了後、無人での平板載荷試験を行い、続いて無人化施工堰堤特有の土砂型枠の敷き均し・

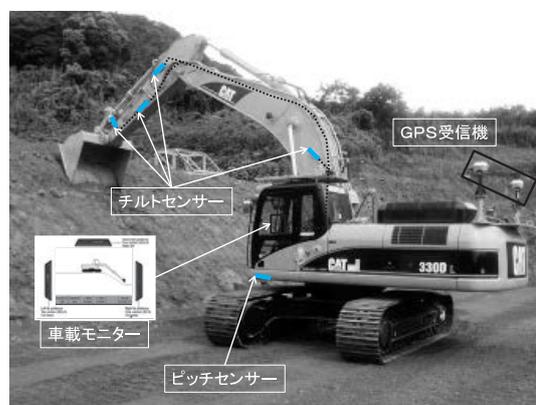


写真-5 マシンガイダンス搭載のバックホウ

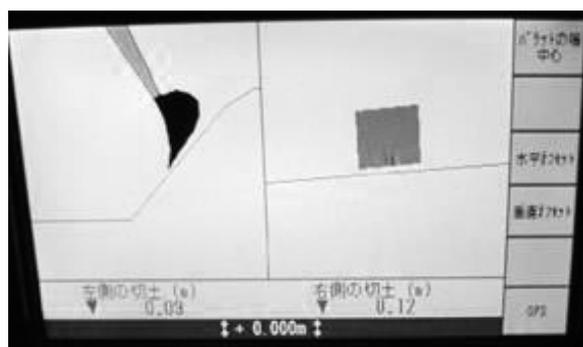


写真-6 マシンガイダンス画面

コンクリート敷き均しをブルドーザーで行うが、排土板制御システムにより敷き均し高さや範囲を確認できる。

次に、コンクリート締め固めは振動ローラーで行うが、転圧管理システム（写真－7、8）により転圧範囲・回数・高さの管理をし、最後に出来形管理を無人測量機で確認をする。

設計データを基に、位置情報・高さを確認して次の工程に移る。

これらは全てデータとして残るので、施工情報として位置・規格・出来形・品質・数量等が把握できる。

4. i-Construction検証会

国土交通省は、平成28年度より建設業界の活性化と生産性向上を図るために「i-Construction」の導入を発表。3つの施策の中の一つとして、「ICT技術」を土工へ導入することとなった。

雲仙復興事務所では、先行的に「ICT技術」を導入し、着工前測量から施工管理に利用していることから、実際に実施していただく受注者（工事・業務）より「ICT技術」の活用に対する意見徴収を行い、現状での課題・改善（案）として取りまとめることを目的とした「i-Construction検証会」を平成28年8月に発足させた（写真－9）。

構成としては、発注者・工事・業務受注者（地域業者も含む）としている。平成28年12月時点で、対象工事が7件あり、うち掘削系の工事が3件、盛土系の工事が4件である（表－1）。

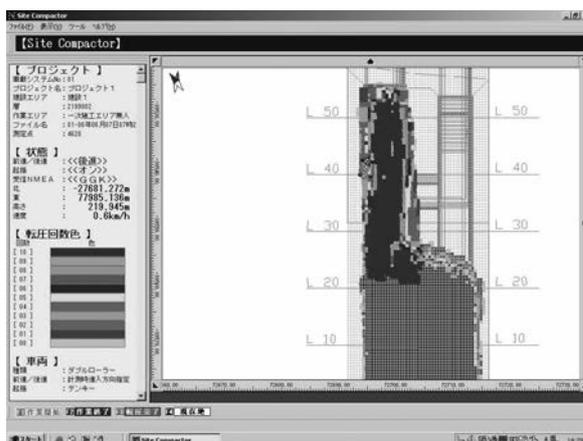
今回、実際に実施していただいた7社にアンケートやヒアリングを実施した（図－3）。

特徴としては、日数や人員体制が減少傾向となっており、また、安全性が向上されている結果となっている。

また、課題意見として、3次元データ処理速度の向上やUAV測量精度確保の工夫などの意見があり、来年度以降も検証会を継続させて、数々の課題意見を頂き、現場業務の負担軽減に繋がるよ



写真－7 11t振動ローラー



写真－8 転圧管理画面



写真－9 i-Construction検証会実施状況

表－1 検証対象土量

施工業者	掘削土量 (m ³)	盛土土量 (m ³)	法面整形 (m ³)
A社	11,000	-	-
B社	17,800	-	-
C社	-	22,400	3,400
D社	15,170	-	-
E社	-	24,100	7,160
F社	-	29,400	7,100
G社	-	12,400	-

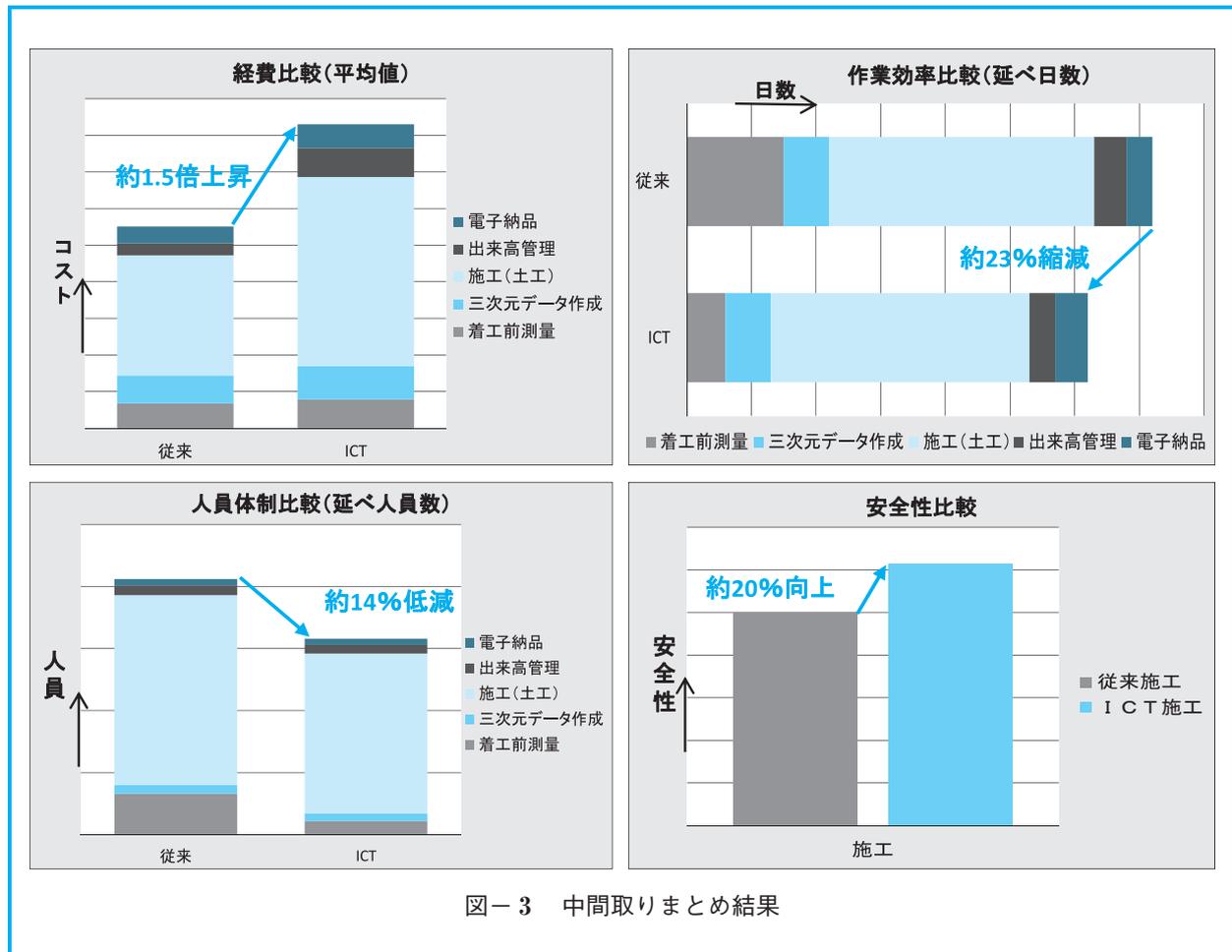


図-3 中間取りまとめ結果

うに努めていきたい。

5. おわりに

無人化施工技術は遠隔操作技術だけではなく、ICT技術・ロボット技術を統合した総合技術の結集で成り立っている。

当事務所で開発・発展してきた無人化施工技術は、危険な場所における施工に適しており、東日本大震災における福島原発対応や熊本地震の阿蘇

地区大規模土砂崩落箇所の復旧など、多くの大規模災害現場における災害復旧等で活躍している。

他方、無人化施工技術には、その技術の継承、無人化オペレーターの育成、災害時の迅速な対応等といった課題が残されている。

今後は、関係機関と連携してこれらの課題の解決にあたりとともに、長年蓄積された無人化施工の知見を生かして、また「ICT技術」が地域建設会社にも利用しやすい環境を整えるなど、新技術開発フィールド等の技術開発を支援していく予定である。