

## 火山噴火時における無人化施工による緊急対策工事実施上の課題と限界

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○厚井高志・栢木敏仁・高橋健太・藤澤康弘

## 1. はじめに

火山の噴火に伴う土砂災害の被害軽減を目的として全国の火山で緊急減災対策砂防計画の策定が進んでいる。緊急減災対策は、噴火活動が活発な時期に実施されるため、噴火に伴う各種土砂移動が発生した場合、工事従事者が被災する可能性がある。こうした危険が伴う現場では、無人化施工による工事を活用することにより被災の可能性が低下することが期待され、防災上、積極的に無人化施工を実施していくことが重要と考えられる。その一方で、無人化施工の実施にはいくつかの制約があり、この制約をクリアしなければ実際の対策工事実施は困難となる。噴火時の緊急対策で無人化施工工事を確実に実施するためには、砂防計画の策定段階で無人化施工を考慮することが求められる。そこで、本研究では、これまでの無人化施工の実施状況を整理した上で、火山噴火時の緊急対策工事の留意事項を整理したうえで、無人化施工工事実施上の課題を抽出した。

## 2. 方法

無人化施工に関する資料を収集整理し、これまでの無人化施工実施実績を整理した。その上でヒアリング調査等から得られた最新の実施条件等を踏まえ、火山噴火時に無人化施工を実施する上での課題を抽出した。

## 3. 結果と考察

## 3.1 無人化施工の実施状況

無人化施工による主な対策工事の実施状況を表1に示す。表1には、噴火と土砂災害後に無人化施工を実施した事例を中心に整理した。無人化施工による対策工事は、1991年の雲仙普賢岳噴火後の対策工事から本格的に進められ、その後、噴火の他、降雨や地震による土砂災害現場等で実施され、技術的進歩を遂げてきた。2010年南大隅土石流災害後は、関係者の意識が高まり無人化施工の実施決定から10日後に工事着手されている(新田, 2012)。噴火後の実施事例としては、雲仙普賢岳で継続的に実施されているほか、2000年の有珠山や三宅島、2006年以降昭和火口で活発な噴火活動が継続している桜島で実施されている。なお、2011年1月の霧島新燃岳噴火時の緊急対策工事では、現場が狭隘であったため無人化施工は実施されていない。

表1 噴火や土砂災害後に実施した主な無人化施工事例

噴火・土砂災害等の概要			無人化施工実施状況	
イベント	発生時期	土砂移動・被害等	開始時期	主な工種等
① 雲仙普賢岳噴火	1991年2月12日～	噴火後、5月15日に最初の土石流発生。5月24日に最初の火砕流発生。	1994年1月～	除石等
② 姫川水害	1995年7月11日	梅雨前線の活動に伴う豪雨により姫川流域で土石流が発生	1997年9月	掘削 堰堤工(大型土のう・コンクリートブロック積)
③ 蒲原沢土石流災害	1996年12月6日	発生した土石流が災害復旧工事現場を直撃して、作業員ら14人が死亡	1997年7月～	掘削
④ 針原川災害	1997年7月10日	7月7日から降り続いた雨により土石流が発生。死者21人	1997年7月～	除石
⑤ 有珠山噴火	2000年3月31日～	噴火発生後、地殻変動や4月9日から11日にかけて熱泥流が発生。国道橋が流出するなどの被害	2000年5月～	土砂の排土 仮設導流堤(大型土のう・コンクリートブロック積)
⑥ 三宅島噴火	2000年7月8日～	雄山で山頂噴火。8月18日に大規模噴火が発生し噴石や火山灰。その後、降雨により土石流発生	2001年8月末～	堰堤工(コンクリートブロック積)
⑦ 桜島噴火	2006年6月4日～	昭和火口で58年ぶりに噴火が発生。2008年2月6日に火砕流が発生。現在も活発な噴火活動継続	2006年10月～	除石
⑧ 岩手宮城内陸地震	2008年6月14日	岩手県南部を震源とするM7.2の地震により付近で斜面崩壊や土石流が発生	不明	土砂の排土
⑨ 南大隅土石流災害	2010年7月4日～8日	梅雨前線の活動に伴う豪雨により7回の土石流が発生。下流の国道に土砂流出	2010年8月～	除石
⑩ 紀伊半島土砂災害	2011年9月4日	台風12号に伴う豪雨により奈良県や和歌山県で斜面崩壊・河道閉塞が発生	2012年4月～	土砂の排土

:噴火に伴い無人化施工を実施した事例

### 3.2 火山噴火時の緊急対策工事の留意事項

火山噴火時に実施する緊急対策工事は、噴火に伴う現象（噴石、降灰、火砕流、溶岩流など）が多種多様に発生し、噴火活動の推移に伴う状況変化のスピードが顕著な環境下で実施するという特徴がある。その一方で、被災箇所で行う降雨や地震に伴う緊急対策工事と異なり、噴火に伴う現象の影響範囲をある程度予測することで、事前に対策箇所や施工方法等を検討できるという特徴もある。

火山噴火時の緊急対策工事の留意事項を、実施タイミングや降雨・地震に伴う土砂災害対策と区別して表2にまとめた。火山噴火時の緊急対策工事の対策実施目的は「災害予防・減災」が挙げられ、噴火中・噴火直後については、これに「復旧・二次災害防止」が加わる。火山噴火時の緊急対策工事の留意事項として、噴火活動の推移に伴う状況変化のスピードが顕著であることから緊急性や迅速性が必要（留意事項①）、また、噴火中・噴火直後の対策では、立入規制範囲の拡大に伴い施工現場まで有人でアクセスできなくなることへの対応（留意事項②）、噴火に伴う各種現象（降灰等）への対応（留意事項③）、が挙げられる。

表2 緊急対策工事实施上の留意事項

	実施 タイミング	主な対策 実施目的	実施箇所	主な留意事項
火山噴火時の 緊急対策工事	噴火前 (前兆期)	・災害予防・減災	・計画箇所 (河道周辺)	・噴火活動の推移に伴う状況変化のスピードが顕著なため、緊急性が高く、迅速性が必要(留意事項①) ・施工現場付近まで有人でアクセス可能
	噴火中・ 噴火直後	・災害予防・減災 ・復旧・二次災害 防止	・計画箇所 (河道周辺) ・被災箇所	・噴火活動の推移に伴う状況変化のスピードが顕著なため、緊急性が高く、迅速性が必要(留意事項①) ・立入規制範囲が拡大され、施工現場まで有人でアクセスできない可能性がある(留意事項②) ・噴火に伴う各種現象(降灰等)に対応する必要がある(留意事項③)
降雨・地震に伴う 緊急対策工事	災害直後	・復旧・二次災害 防止	・被災箇所	・施工現場付近まで有人でアクセス可能

### 3.3 火山噴火時の無人化施工実施上の課題

無人化施工実施上の課題として、一般的には、有人施工に比べた施工効率の低下や無人化施工機械の調達の難しさ、機械操作オペレータの経験不足などが挙げられる（植ら，2011）。これらに加え、火山噴火時の緊急対策工事の留意事項に着目して課題を整理すると、事前準備により解決可能な課題と、解決困難な課題に分けられる。

#### (1) 事前準備等により解決可能な課題

**【実施箇所・工種工法の選定】** 狭隘な現場では無人化施工は困難となる。また、無人化施工による構造物の設置には時間を要する。対策効果だけでなく、計画段階で地形や対策可能期間を考慮し、対策実施箇所や工種工法を選定する必要がある。（留意事項①）

**【無人化施工機械・オペレータの確保】** 無人化施工機械やオペレータ確保には時間を要するが、施工箇所や工種を選定することができれば、事前に調整・準備を進めることで緊急時の円滑な確保が可能となる。（留意事項①）

**【噴火現象の無人化施工への影響】** 降灰によるカメラの視界低下や、火山灰が堆積することにより無人化施工機械の走行性能が低下する。オペレータは特有の環境下での施工や機械性能の低下に対応する必要がある。（留意事項③）

#### (2) 解決困難な課題

**【アクセス道路】** 計画箇所が立入規制範囲内に含まれると、施工現場まで無人化施工機械を遠隔操作で誘導する必要があるため、移動距離の延長や道幅の確保、多数のカメラ設置の必要性など新たな制約が発生する。施工現場が山間部の場合、制約条件が厳しくなり緊急時の無人化施工の実施は難しくなる。（留意事項②）

**【メンテナンス】** 立入規制範囲内の拡大に伴い、範囲内に設置された伝送関係機器等のメンテナンスできなくなる可能性がある。噴石等によりこうした機器が被災した場合、無人化施工の実施は難しくなる。（留意事項②, ③）

## 4. おわりに

火山噴火時における無人化施工による緊急対策工事实施上の課題を抽出した。火山噴火時の緊急対策工事では、予め計画した箇所で実施できるため、噴火前に無人化施工の検討・準備を進めることで、解決可能な課題がある一方、噴火活動によっては無人化施工の実施に限界があることが分かった。事前調査等によって無人化施工実施の実現性を予め評価しておくことで、噴火時の確実な対策方法の選択・対策実施が期待される。

本研究実施にあたり、(一財)先端建設技術センターの吉田貴氏には無人化施工の最新の実施条件等についてご教示いただいた。ここに記して謝意を表します。

(引用文献)新田恭士(2012):災害復旧に貢献する無人化施工技術, 土木技術, 67(4),p16-23. 植弘隆・松井宗廣・溝口裕也・五十嵐勇氣・田村圭司・前田昭浩・水田貴夫・松尾陽一(2011):砂防工事における無人化施工の実態と課題について,平成23年度砂防学会研究発表会概要集,p482-483.