

緊急ハード対策工の構造と評価指標（案）に関する考察 ー既存資材の組合せや新工法による緊急ハード対策工の立案に向けてー

（一財）砂防・地すべり技術センター ○前寺雅紀 栢木敏仁 池田暁彦 小林拓也

1. はじめに

火山噴火緊急減災対策砂防事業により整備する砂防施設は、火山噴火という特殊な状況下において、工期、仮設、安全確保など多くの制約条件下で、より大きな効果が発揮できる場所に、迅速に整備・設置する必要がある。

近年の火山噴火災害後には、コンクリートブロックや大型土のうを用いた砂防施設が緊急ハード対策工として施工されている事例が多く、その他の資材を用いた施工事例は少ない。これは緊急ハード対策工のメニューが少ないことも一因と考えられ、それに伴う新たな課題も顕在化してきている。

そこで本研究では、緊急ハード対策工について、既存資材の組合せや新工法を開発することにより、施工性の向上や施工期間の短縮を図ることが可能となる構造を立案することを最終的な目標とし、まずは近年実施された緊急ハード対策工の課題や使用資材について整理するとともに、緊急ハード対策工の構造の評価指標（案）について検討したので、その結果を報告する。

2. 緊急ハード対策工における課題

近年の緊急ハード対策工の事例を表-1に示す。雲仙普賢岳 1990～1995 年噴火では、施工箇所において用地確保が困難だったために、工事着手に遅れが生じるなどの課題が認められた。また、有珠山 2000 年噴火では、立入規制内での対策であったため無人化施工による対策とする必要があり、重機運搬や関係機関との調整に時間を要した。これらの事例から、噴火を想定した緊急ハード・ソフト対策の事前検討や平常時から準備の必要性が明らかになり、2007 年に火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドラインが策定され、新燃岳 2011 年噴火や御嶽山 2014 年噴火には、この計画に基づき事前に減災対策の場所や対応内容を設定していたため円滑に対策を実行できた。一方、コンクリートブロック砂防堰堤のブロック製作や工事用道路の整備に時間を要し、施設完成までの期間が長いことが課題となっている。これは緊急ハード対策工のメニュー（代替案）が少ないことや工事用道路の整備に時間を要しない構造・施工方法がないことも一因であると考えられる。

表-1 近年の緊急ハード対策工の事例

雲仙普賢岳 1991.3.29	有珠山 2000.3.31	新燃岳 2011.1.27	御嶽山 2014.9.27
3/29屏風岩、地獄跡、九十九島が同時噴火 4/18水無川、赤松谷川各1基除石完了（計5000m³） 5/17水無川5基除石開始 5/25火砕流発生 1992.4/6中尾川川砂防堰堤1基着工 4/13水無川2号遊砂地(V=12万m³)(～5/27)	3/31建設省有珠山火山噴火災害対策本部を設置 4/10無人化施工検討開始 4/22有人による板谷川遊砂地の容量確保のための掘削及び土のう設置(～5/30)	○除石 2/1-3/7 22,300m³(640m³/d) 2/10-3/31 21,740m³(440m³/d) 2/10-4/30 6,900m³(90m³/d) 4/1-5/31 50,000m³(820m³/d) ○大型土のう 2/10-5/26までに2,350袋製造	10/1 鹿ノ瀬川現地調査 10/2 コンクリートブロック堰堤着手（測量開始） 10/4 工事用進入路整備に着手 10/7 無人化バックホウ搬入 10/21 工事用進入路、河床部床付け作業完成 10/22 コンクリートブロック据え付け開始 10/28 据え付け完了（330個） 10/30 幅34m×高さ4m砂防堰堤完成
7/15中の間川に熱風防止柵着工(翌6/30完成) 1993.1/10水無川3号遊砂地(V=17万m³)(～2/25) 8/5 R251～鳥鉄間の仮設導流堤着工 8/28 仮設導流堤4基完成	5/22無人化重機搬入、橋梁除去、流路土工砂除石、大型土のうによる導流堤着工(～6/6) 6/6無人化施工電波試験、走路確認(～6/9) 6/9無人化施工開始	○嵩上げ（コンクリートブロック） 2/10-4/30(66日間) 荒瀬川砂防堰堤(16,000m³増強) 4/1-5/31(38日間) 荒川内川(5,000m³増強) 4/1-5/31(23日間) 望原谷(1,000m³増強)	
◆ 遊砂地は現地入手・製作、メンテナンスが可能で、工期短縮が図れる鋼矢板パネル型スリット構造。 ◆ 用地が確保できず工事着手に遅れ。 ◆ 警戒区域により有人施工範囲が限定。	◆ 大型土のうを用いた遊砂地工や導流堤工 ◆ 無人化施工により施工を実施。 ◆ 重機運搬、各種調整に時間を要したが、電波許可は緊急的に取得。	◆ 大型土のう・コンクリートブロックを用いた砂防堰堤の嵩上げを実施。 ◆ 除石は噴火後から5日後、施設の嵩上げは2週間後から着手。 ◆ 大型土のう製造設置実績は22袋/日、ブロック設置実績は40個/日。	◆ ブロック堰堤着手から完成までの28日間で、最も要した作業は工事用道路の整備(18日間)。 ◆ ブロック設置には7日間要し、設置実績は47個/日。
【成果】 ・火砕流に対する工事の安全管理を実施 ・入手が容易な材料、短時間で施工可能な構造を採用 ・無人化施工技術の開発・実用化 【課題】 ・施設用地、土捨て場用地の制限があった。 ・有人による緊急対策の施工範囲が限られた。	【成果】 ・噴火前からの防災教育、ハザードマップの活用による避難区域設定が功を奏した。 ・高度な監視観測、火山研究者との連携、噴火前の緊急火山情報発表による、広域的住民避難の成功 ・現地対策本部合同会議による関係機関の連携、情報共有、迅速な意思決定の実現 ・無人化施工に使用する電波許可を迅速に取得 【課題】 既往砂防施設を活用した除石や導流堤の構築などの緊急対策がおこなわれたが、立入規制区域内での施工のため、無人化施工重機の準備に時間を要した。	【成果】 ・火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（2007年策定）に基づき、2008年から霧島火山緊急減災対策火山砂防計画（新燃岳・御鉢）の検討を進め2010年に計画を策定。 ・噴火を想定した緊急対策の事前検討がなされていたため、噴火後1週間以内に緊急対策に着手できた。 【課題】 既往砂防施設を活用した除石や嵩上げなどの緊急対策が迅速におこなわれたが、コンクリートブロック等の資材備蓄がなく、噴火後から製作したことにより時間を要した。	【成果】 火山噴火緊急減災対策砂防計画に基づき事前に減災対策の場所や対応内容を設定していたため、円滑に緊急減災対策を実行できた。 【課題】 ・用地確認に時間を要したことや資機材の備蓄が計画的に実施されていないなど事前準備や調整に改善の余地があった。 ・工事用道路の整備等の準備工が全工程の75%を占めた。

3. 緊急ハード対策工で使用可能な資材と構造

表-2 に緊急ハード対策工として使用可能と考えられる資材を示す。前述の課題を踏まえると、緊急ハード対策工に用いる資材としては、現地発生土の活用や納入レスポンスの高い原料・二次製品を組合せた構造が望ましい。現地発生土を活用した構造としては、土堰堤、大型土のう堰堤、砂防ソイルセメント堰堤などが考えられる。また、二次製品を活用した構造としては、連続箱型鋼製枠、自立式ブロック、コンテナ、鋼製砂防構造物(ダブルウォール構造、セル構造、鋼製L型スリット等)等が挙げられる。

表-2 使用資材および納入レスポンス

資材	備蓄無しで使用できる資材	備蓄すれば使用できる資材	原料・二次製品等の納入レスポンス(ヒアリング結果)
掘削土砂	◎	○ (粒度調整砕石)	巨礫利用は大型重機必要
セメント	◎	—	250t程度は翌日から
生コンクリート	△	—	プラント減少のため供給制限
コンクリートブロック	—	○ (共通性難点)	型枠残置期間は2日～5日、その後養生期間が必要
コルゲート	◎	○ (直径5m以上)	標準規格品(直径4.5m以下)なら翌日、規格外では3日以降可能
土嚢袋	◎	○ (耐候性)	翌日(耐候製は在庫確認要)
線材(柔構造)	—	○	ワイヤー関係は納入1カ月
敷網材・布材	◎	○	翌日

4. 緊急ハード対策工の評価指標(案)

4.1 ケーススタディによる検討

今後、既存資材の組合せや新工法による緊急ハード対策工を検討していく上で、各種構造を客観的に評価する指標が必要となる。そこで、ケーススタディとして、以下の構造形式で検討を行った。

＜比較した構造形式＞

①コンクリート堰堤、②コンクリートブロック堰堤、③補強土堰堤、④砂防ソイルセメント堰堤

＜施設規模＞

- ・H=5m(2014年御嶽山噴火対応時とほぼ同等)
- ・L=100m

＜比較条件＞

- ・設計外力：静水圧のみ
- ・日当たりの施工時間：8時間
- ・使用重機：標準的な重機を採用
- ・施工日数：設置箇所状況(ex.基礎処理)、工事用道路の施工は含まず。

4.2 評価指標(案)

緊急ハード対策工には、迅速性(施工性が良いこと)や汎用性(安価で容易に納入可能な資材)が求められることに着目し、「打上り速度」および「打上り速度/コスト」を評価指標(案)として設定した。

4.3 検討結果

検討結果を表-3 および図-1 に示す。この評価指標(案)では、図中のターゲットゾーンに近いほど施工性や経済性が優位であることを示しており、比較4種のうち、「④砂防ソイルセメント堰堤」が最も評価が高い結果となった。一方、近年使用実績の多い「②コンクリートブロック堰堤」は相対的に評価が低い結果となった。

表-3 比較検討結果

比較項目	① コンクリート堰堤 (通常工法)	② コンクリート ブロック堰堤 (備蓄工法)	③ 補強土堰堤 (備蓄工法)	④ 砂防ソイル セメント堰堤 (施工簡略工法)
主材料	コンクリート	コンクリートブロック (備蓄)	土砂+補強網材(備蓄)	砂防ソイルセメント
クリティカル要素	コンクリート+養生+型枠	ブロック運搬・積	敷き詰め敷設 (c/c300)	セメント供給
単位m当体積 (m³/m)	17.5	21.3(空m³/m) 14個/m	40	27.5
標準断面				
施工能力(8hr)	100m³ (4.5m³車4台編成)	50個	敷網敷設1,000m² 300m³	360m³ (阿蘇実績 0.6)
施工日数 (堤長100m)※	29.5 (型枠脱型等含む)	28	13.3	7.6
(1)打上り速度 (m/day)	0.17 (94%)	0.18 (100%)	0.38 (211%)	0.65 (361%)
使用主重機	トラッククレーン 35t級	トラッククレーン 35t級	ブルドーザー 20t級	ブルドーザー 20t級 スタビライザ、散水車
作業編成	型枠工、尻銀、玉掛け	玉掛け	敷網敷設工(0.01人/m²)	スタビライザオペ
(2)コスト(円/m)	525,000 @30,000(材工)	490,000 @35,000(材組)	400,000 @10,000(材敷)	165,000 @6,000(材工)
打上り速度/コスト (1)/(2)	324 (88%)	367 (100%)	950 (259%)	3939 (1073%)
運搬車両台数 100m施工	389	466	70	41

※施工日数には、設置箇所の状況(ex.基礎処理)、工事用道路施工は含んでいない。

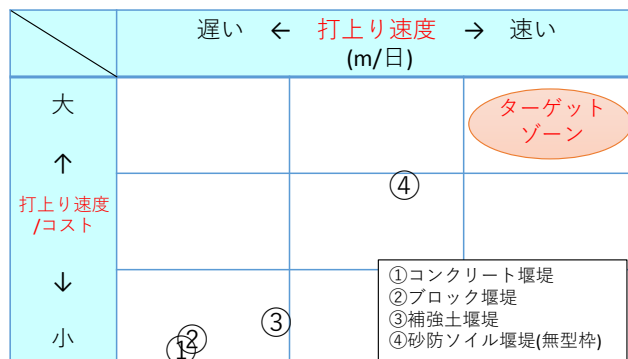


図-1 既存の緊急ハード対策工の構造における打上り速度と打上り速度/コストの関係

5. おわりに

本発表では、緊急ハード対策工の構造を具体的に検討するための資材・構造の考え方とともに、構造選定の一つの指標として施工性とコストに着目した考え方を示した。

今後は、既存資材を組合せた構造物や工事用道路を必要としない構造物、施工期間(ex.1週間、1ヶ月、3ヶ月等)ごとに設置可能な構造物など、具体的な構造を検討していく予定であり、評価指標についても様々なシチュエーションやニーズに対応した考え方を示していく予定である。