

火山地域(樽前山)における緊急減災ハード対策の効果検証

(一財)砂防・地すべり技術センター ○山口天斗 池田暁彦 藤沢康弘 高橋健太 片山小裕美
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧砂防海岸事務所 岩田清徳 栗原章成 上原玲音 齋藤学斗
防衛大学校 建設環境工学科 堀口俊行 宮原邑太 竜川太志

1. はじめに

樽前山では、いつ、どのように起こるか予測が難しい火山噴火に伴い発生する土砂災害に対して、被害をできる限り減災(軽減)することを目的として「樽前山火山噴火緊急減災対策砂防計画」が平成22年3月に策定されている。緊急減災対策は、中・大規模噴火に起因する火砕流により発生する融雪型火山泥流(以降泥流と呼ぶ)を対象としている。樽前山の地形的要因から泥流は扇状地部で河道外に氾濫するために、平面的に広がって保全対象となる市街地に流下する。緊急減災ハード対策位置は、中流域(道央自動車道周辺)で可能な限り泥流の捕捉を図り、下流への被害を軽減させるものとしている。計画の策定以降、関係機関とのWGを開催するなど対策の実行性向上を目指し検討を続けてきた。本研究では、緊急減災ハード対策の一つである道央道の閉塞工に関して、対策工の検討および対策の効果について検証したので報告する。

2. 道央道の閉塞工の検討

樽前山の緊急減災ハード対策として道央道横過部のボックスカルバートの閉塞工が計画されている。閉塞の方法として、「コンクリートブロック」、「鋼製かご枠と大型土のう工」、「H鋼(縦棧のみ)」、「H鋼(縦棧と横棧)」を抽出した。これらの対策工において、施工効率や維持管理性、既設構造物(ボックスカルバート)への影響、資材の入手しやすさ、泥流が発生せずに噴火活動が終息した際の撤去の容易性等の観点から総合的に評価をし、比較した。その結果、施工性や撤去の容易性の観点から優位となることからH鋼(縦棧のみ)を採用した。なお、H鋼は市場性が高いため、平常時から備蓄するのではなく、緊急時に調達するものとした。しかし、他火山を含めて泥流対策としてH鋼(縦棧のみ)を計画および施工した実績は全国的にない。また、図1に示すとおり、土砂・流木等による閉塞によって泥流の捕捉効果を期待しているが、その効果を確認する必要があった。その効果を検証する方法は、個別要素法を用いたシミュレーション等が考えられるが、より簡易に確認できる水路模型実験を採用した。

3. 実験の実施

3-1. 実験計画

泥流捕捉の効果検証のための実験設備として、H鋼による土砂・流木等の捕捉効果に着目するため、簡易な直線水路を用いた。また、ボックスカルバー

トは河道外に位置しているため、土砂・流木以外にも漂着ごみ等様々なものが流れてくることが考えられるが、その中でH鋼によって閉塞しにくい条件である流木のみに着目し、捕捉効果を検証した。また、効果的な流木等の捕捉が期待できるH鋼間隔を検証するため、設置間隔を1mと2mとした。加えて、簡易な横棧の有無による捕捉率の変化についても確認した。

3-2. 実験条件

(1) 使用した水路と実験スケール

実験に用いた水路は、水路長3.8m、水路幅0.3mである。実験縮尺は対策箇所のボックスカルバートの内空幅を再現するため、1/40(水路幅0.3m/ボックス幅12m)とし、水路勾配は樽前山の現地周辺の地形を参考とし1度(1:60)とした。粗度係数0.03相当の棧粗度を製作し、水路底面に設置した。H鋼模型は3Dプリンターにより合成樹脂の四角柱で高さ87.5mm(実スケール3.5m)、H鋼間隔を50mm(実スケール1m)と25mm(実スケール2m)を作成し、台座に固定した。横棧は、針金を用いてH鋼模型に所定間隔で取り付けられた(図3)。

(2) 流木模型

流木条件として、流木径を現地立木の胸高直径が13cm~19cm程度であることから、直径5mm(実スケール20cm)とした。流木長は、ボックスカルバートが河道外であり、枝木などの流下も考えられるため、閉塞しにくい条件を考慮し、120mm(実スケール4.8m)および60mm(実スケール2.4m)の2種類を用いた。

(3) 流木の供給

流木の流下形態については、泥流に伴い流下する流木が、塊かバラバラになるかは現時点では予測できないため、閉塞しにくい条件を考慮し、バラバラで流下するものとした。流木本数は、対策箇所であるボックスカルバートが河道外にあり、どの程度流下してくるか分からないことから、便宜的に100本とし、複数の時間(5秒、10秒、20秒)で投入することにより、流木濃度による変化を設定した。

(4) 水理条件

実験水深を融雪型火山泥流の数値シミュレーション結果より得られた最大流動深2.0m(実験スケール7.5cm)と同程度の水深となるように流量を調節して供給し、流木を設定濃度で投入完了後30秒間通水した。なお、流水の平均流速は0.57m/sであり、レイ

ノルズ数は 2.6×10^4 であった。

(5) 実験ケース

実験ケースを、流木長、流木濃度、H 鋼の設置間隔、横棧の有無で 24 ケース設定し、各ケース 1 回実施した。また、H 鋼模型を未設置の状態では流木のみを流下させ、そのときの流木の向きを動画から解析して、縦向き（流路と平行）または横向き（流路と垂直）になる比率を求めた（表 1）。

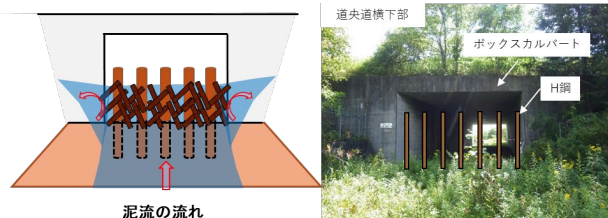


図 1 構造イメージ

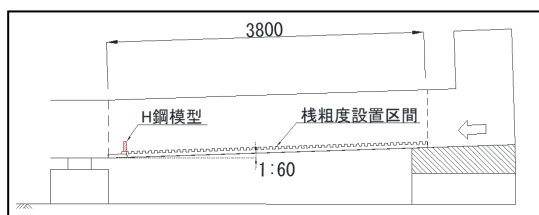


図 2 実験水路縦断図

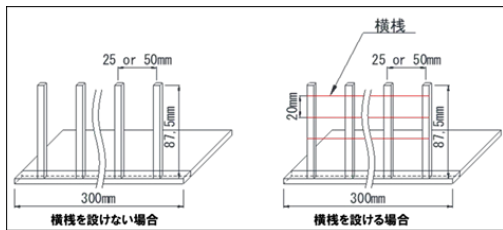


図 3 H 鋼模型

表 1 実験ケース一覧

流木供給方法 (流木長：供給量)	H鋼間隔および横棧の有無 () 内は実験のH鋼間隔				
	1m (25mm) 横棧なし	1m (25mm) 横棧有り	2m (50mm) 横棧なし	2m (50mm) 横棧有り	流木のみ
2.4m：20本/s	CASE1	CASE7	CASE13	CASE19	CASE25
2.4m：10本/s	CASE2	CASE8	CASE14	CASE20	CASE26
2.4m：5本/s	CASE3	CASE9	CASE15	CASE21	CASE27
4.8m：20本/s	CASE4	CASE10	CASE16	CASE22	CASE28
4.8m：10本/s	CASE5	CASE11	CASE17	CASE23	CASE29
4.8m：5本/s	CASE6	CASE12	CASE18	CASE24	CASE30

3-3. 結果の整理

図 4 に流木濃度と H 鋼模型による流木捕捉率の関係を示す。なお、流木捕捉率は通水完了後まで H 鋼模型に捕捉された本数を投入本数で除した値である。流木捕捉率は流木濃度の違いによる差異は見られなかった。H 鋼間隔 1m では、流木長 2.4m と 4.8m のどちらも流木捕捉率は 80% 以上となり、横棧の有無による流木捕捉率の差異はみられなかった。一方、H 鋼間隔 2m では、流木長 2.4m と 4.8m のどちらも横棧ありとした場合、横棧なしより流木捕捉率が 20% 程度向上した。また、全ケース共通で流木は 80% 程度縦向きに流下しており、流木投入直後に縦向きの流木は通過するが、横向きで流れた流木が詰まったこときっかけに、図 5 に示すような塊となって捕捉

されたことが確認できた。

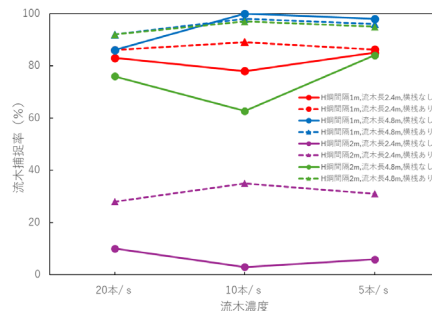


図 4 流木濃度と H 鋼模型による流木捕捉率の関係

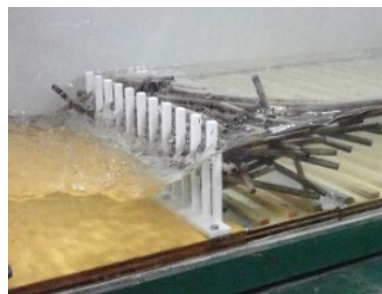


図 5 流木捕捉状況 (CASE1)

4. 考察

今回の実験の結果、H 鋼間隔が 1m の場合では流木捕捉率が 80% 程度であり、融雪型火山泥流が発生した際は、流木以外にも枝木や土砂なども流下するため、泥流の捕捉効果は十分期待できると考えられる。また、緊急時において、資材調達や現地までの運搬状況により必要な H 鋼の数量が準備できず、H 鋼設置間隔を 1m より広い間隔で設置せざるを得ない場合において、横棧を簡易的に設置することによって捕捉率の向上が期待できると考えられる。また、本実験よりも実際の出水ではよりレイノルズ数は大きく、泥流の流下形態として枝や根、土砂が一体で流れてくる可能性が考えられ、流木の場合よりも閉塞しやすいものと考えられる。これらの条件を踏まえ、施工中に噴火が発生しても可能な限り H 鋼による閉塞効果を発現する方法として、まずカルバート中央部から H 鋼を施工し、最後に H 鋼間隔が 1m となるように施工する方法が考えられる。今後これらの検討結果を緊急ハード対策の計画に反映するなど、より対策の実行性向上を図っていく予定である。

謝辞

実験水路の貸与、H 鋼模型と流木模型の作成にご協力をいただいた防衛大学校の方々、資料の提供を頂いた北海道開発局の方々にこの場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 長谷川祐治ら(2015)：流木の流下と橋梁への集積に関する実験、京都大学防災研究所報、第 58 号、B、p.350-357
- 2) 石川芳治ら(1989)：土石流に伴う流木の発生及び流下機構、新砂防 Vol.42 No.3(164) Sept.1989