

融雪型火山泥流を対象とした泥流及び流木対策の検討事例

八千代エンジニアリング株式会社 ○西ヶ谷 友美、横尾 公博

1. はじめに

積雪寒冷地における活火山では、その噴火活動に伴い、火砕流や融雪型火山泥流の発生が想定される。さらに泥流に伴って立木が流出することから、泥流と流木対策を併せて実施することが重要である。

本検討事例では、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）平成28年4月」や「鋼製砂防構造物設計便覧 令和3年度版」（以降、技術指針とする）、火山砂防計画の事例を踏まえ、融雪型火山泥流の捕捉形態を示すとともに、融雪型火山泥流に伴い発生する流木捕捉の考え方について整理した結果を報告する。また、モデル流域を対象に流木捕捉工の概略設計を行い、泥流・流木の捕捉形態が砂防施設の経済的に与える影響を検証した。

2. 融雪型火山泥流に伴う泥流の流下・捕捉形態

融雪型火山泥流は、火山噴火に伴う高温の噴出物により積雪が融解して発生する現象であり、泥流の媒質となる水が大量に含まれ、かつ泥流を構成する土石に細粒の火山灰等が多く含まれるためピーク流量が大きく、かつ流動性が高い特性がある。それゆえ、融雪型火山泥流の対策施設は土砂に加え水の捕捉も前提とされている。また、次に示す文献によれば、計画堆砂勾配は、融雪型火山泥流の流動性を鑑みて水平とされている（「本白根山・白根山（湯釜付近）火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会（令和元年度第1回）」「吾妻山火山噴火緊急減災対策砂防計（H25.1）」「アトサヌプリ火山噴火緊急減災対策砂防計画（R3.3）」）。

3. 融雪型火山泥流に伴う流木の流下・捕捉形態

技術指針に基づき土砂・流木の捕捉形態と融雪型火山泥流発生流域において想定される泥流・流木の捕捉形態を表-1に整理した。技術指針によれば、掃流区間

において土石と流木は個別に流下すると考えられ、流木は流水の表面を流下すると想定されている。対象現象が掃流区間の融雪型火山泥流である場合、泥流には多量の水が含まれていることから、流木は泥流表面を浮遊して流下することが想定される。したがって、掃流区間の融雪型火山泥流を対象とした砂防施設のうち、泥流整備率100%以下の場合、流木は本体を越流するため、流木を捕捉するためには、流木捕捉工を新設（本体工、前庭部、単独）する必要がある。一方で、泥流整備率が100%を上回る最下流施設の場合、本堰堤の空き容量分で流木が捕捉されることが想定される。以上より、掃流区間の融雪型火山泥流を対象とした流木整備方針は、次の2通りが考えられる。

- ① 流木捕捉工の新設（表-1(a),(b)）
- ② 本体工の空き容量で流木を捕捉（表-1(c)）

なお、②における流木捕捉の空間の必要高さは、技術基準より最大流木径の2倍の高さを想定した。

4. モデル流域における検討事例

融雪型火山泥流に伴う泥流及び流木の流下・捕捉形態の整理結果を踏まえて、表-2に示すモデル流域を対象として対策施設の概略設計を行った。

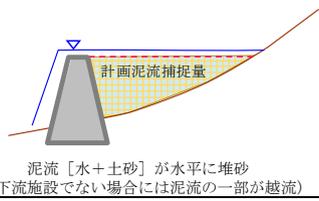
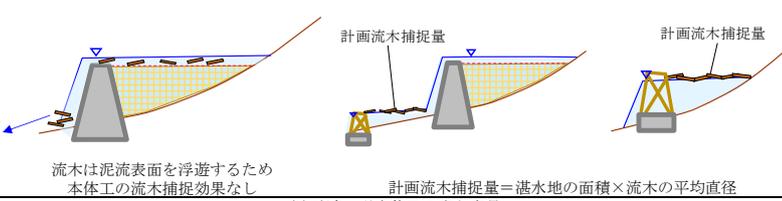
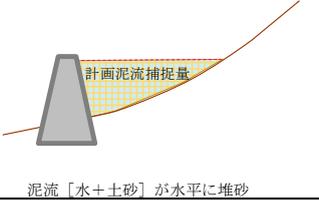
4.1 概略設計 モデル流域の最下流施設として、次の3ケースの概略設計を実施した。

- CASE1** 前庭保護工に流木捕捉工を整備
- CASE2** 本体工に流木捕捉工を整備
- CASE3** 砂防堰堤工の空き容量で流木を捕捉

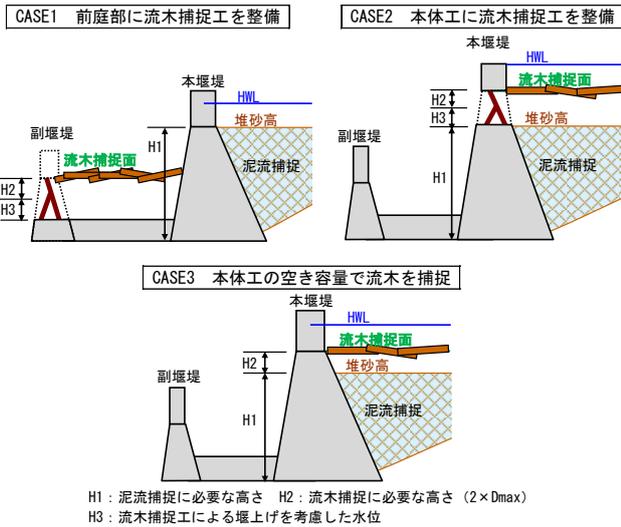
表-2 モデル流域の諸元

項目	諸元	
河床勾配	1/100	
対象現象	融雪型火山泥流	
ピーク流量	2,500 m ³ /s	
泥流流下幅(計画地点)	200 m	
堰堤高(泥流整備)	10.0 m	
整備対象流量	1,000 m ³	
流木諸元	最大直径	0.30 m
	平均直径	0.15 m
	最大長	15 m

表-1 融雪型火山泥流を対象とした砂防施設において想定される泥流・流木の捕捉形態

流下形態	掃流区間	
整備対象	土砂の捕捉	流木の捕捉
融雪型火山泥流	全施設で適用可能  <p>計画泥流捕捉量</p> <p>泥流【水+土砂】が水平に堆砂 (最下流施設でない場合には泥流の一部が越流)</p>	(a) 前庭部または本体工に流木捕捉工 (b) 単独の流木捕捉工  <p>計画流木捕捉量</p> <p>流木は泥流表面を浮遊するため 本体工の流木捕捉効果なし</p> <p>計画流木捕捉量=湛水地の面積×流木の平均直径</p>
	最下流施設で適用可能	 <p>計画泥流捕捉量</p> <p>泥流【水+土砂】が水平に堆砂</p>

各ケースの流木捕捉イメージを図-1に示す。



H1: 泥流捕捉に必要な高さ H2: 流木捕捉に必要な高さ (2×Dmax)
H3: 流木捕捉工による堰上げを考慮した水位

図-1 流木捕捉イメージ (側面図)

概略設計条件を表

表-3 概略設計条件

3に示す。ここで、平均流木径を0.15mと想定すると、流木捕捉に必要な湛水地面積は6,700m² [=計画流出流木量 1,000m³/平均流木径 0.15m] である。また、本堰堤の堆砂数は十分に広く、CASE 2 及び CASE 3 においては流木捕捉に必要な面積を十分に有するものとする。概略設計では、

項目	諸元
形式	重力式コンクリート
ピーク流量	2,500 m ³ /s
水通し幅	200 m
設計水深	3.0 m
水の密度	1,200 kg/m ³
礫の密度	2,600 kg/m ³
泥流の水深	2.63 m
泥流の流速	1.90 m/s
泥流の単位体積重量	15.89 kN/m ³
泥流の流体力	15.38 kN/m
基礎根入れ(土砂)	2.5 m
地盤条件(礫層:密なもの)	
せん断強度	見込まない
摩擦係数	0.6
許容支持力	588.6 kN/m ²
滑動に対する安全率	1.2

本堰堤及び副堰堤について、安定計算により転倒、滑動、地盤支持力に対して安定条件を満足する断面形状を求めた。前庭保護工の構造は、副堰堤、水叩き、側壁護岸とした。概略設計結果を図-2に示す。

CASE1 は、本堰堤高さ 10.0m (泥流整備に必要な高さ)、副堰堤高さ 7.0m (流木捕捉工高さ 4.5m + 基礎コンクリート高さ 2.5m) となる。水叩き長は経験式により 13.5m と算定されるが、流木捕捉に必要な湛水地面積を確保するため 33.0m (湛水地面積 6,800m²) とした。水叩き厚は経験式により 1.4m とした。

CASE2 は、本堰堤高さ 14.5m (泥流整備に必要な高さ 10.0m + 流木捕捉工高さ 4.5m)、副堰堤高さ 2.5m (基礎根入れ分)、水叩き長及び水叩き厚は経験式によりそれぞれ 20.0m、1.6m とした。

CASE3 は、本堰堤高さ 11.0m (泥流整備に必要な高さ 10.0m + 流木捕捉工に必要な高さ 0.6m; 堰堤高さは 0.5m 単位で切り上げ)、副堰堤高さ 2.5m、水叩き長及び水叩き厚は経験式によりそれぞれ 15.0m、1.4m とした。

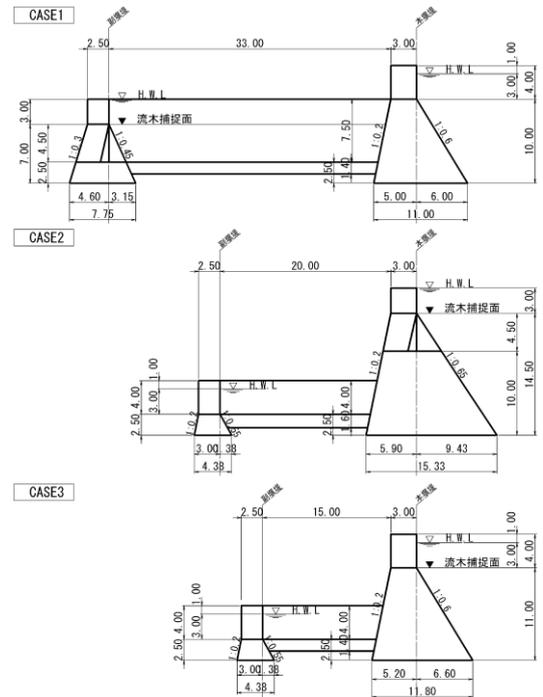


図-2 概略設計結果 (側面図)

4.2 経済性比較 CASE1~3 の直接工事費を算出した結果を表-4に示す。CASE3の直接工事費に対して、CASE1は145%、CASE2は167%となる。

表-4 概算直接工事費

	数量	単価	直接工事費	
CASE1				
本堰堤	コンクリート	21,006 m ³	19,000 円/m ³	399,114 千円
	鋼材	—	—	—
副堰堤	コンクリート	5,190 m ³	19,000 円/m ³	98,610 千円
	鋼材	276 t	600,000 円/t	165,600 千円
	水叩き・側壁コンクリート	9,131 m ³	19,000 円/m ³	173,489 千円
	合計			836,813 千円 (145%)
CASE2				
本堰堤	コンクリート	33,762 m ³	19,000 円/m ³	641,478 千円
	鋼材	276 t	600,000 円/t	165,600 千円
副堰堤	コンクリート	2,536 m ³	19,000 円/m ³	48,184 千円
	鋼材	—	—	—
	水叩き・側壁コンクリート	5,774 m ³	19,000 円/m ³	109,706 千円
	合計			964,968 千円 (167%)
CASE3				
本堰堤	コンクリート	24,155 m ³	19,000 円/m ³	458,945 千円
	鋼材	—	—	—
副堰堤	コンクリート	2,536 m ³	19,000 円/m ³	48,184 千円
	鋼材	—	—	—
	水叩き・側壁コンクリート	3,816 m ³	19,000 円/m ³	72,504 千円
	合計			579,633 千円 (100%)

5. おわりに

本検討では、技術基準及び火山砂防計画の事例を踏まえつつ、融雪型火山泥流に伴う泥流及び流木に対する施設効果を整理した上で、モデル流域を対象に概略設計を実施した。本堰堤又は副堰堤に流木捕捉工を設置するケースと本堰堤の空き容量で流木を捕捉するケースの経済性を比較した結果、後者の経済性が優位となった。

融雪型火山泥流に伴い発生する流木量は多量であり、整備方法によっては、経済性に加えて周辺環境への影響範囲を縮減できる可能性があると考えられる。