

道路防災事業における土石流・流木対策施設の検討事例

日本工営株式会社 ○清水 泰有 村松 広久 川原 慎一郎 西 陽太郎

1. はじめに

道路防災事業における土石流・流木対策は、砂防事業と同様に自然災害を対象とする一方で、保全対象や事業目的が異なる。砂防事業においては、流域に存在する人命や財産の保全を主目的として対策が講じられるのに対し、道路防災事業では、道路利用者の安全確保および道路機能の維持を目的とし、道路上に土砂や流木を流出させないことが重要な目標の一つとなる。

一方、道路事業において土石流・流木対策施設を検討する際、砂防事業で用いる各種基準や設計指針を適用することが必ずしも適切とは限らず、道路土工指針等においても明確な位置づけが示されていないのが現状である。そのため、個別事例ごとに設計条件や課題を整理し検討を進める必要があり、設計者の判断に委ねられる部分が多い。

こうした背景を踏まえ、本報告では、道路防災事業における土石流・流木対策施設の検討事例を対象に、道路防災事業としての設計条件の設定、施設形式および配置の考え方を整理するとともに、砂防事業との相違点や設計上の課題について考察する。

今後、同様の設計事例を蓄積・共有することで、道路防災事業における土石流・流木対策施設の検討に関する指針の明確化につながることを期待される。

2. 対象箇所の概要

2.1 設計実施の経緯

令和4年9月23日の夜から、台風15号の影響により、静岡県内では猛烈な雨が降り、記録的短時間大雨情報が16回発表される記録的な大雨となった。

国土交通省が管理する国道52号沿いに設置された2箇所の特レーマータは、半日程度の時間で300mmを超える連続雨量を観測した。

上記の降雨により、対象箇所では、溪流の上流域の崩壊に伴い、土石流が発生し、道路上へ土砂流出が発生した。

発生した経緯を踏まえ、当該溪流へ土石流・流木対策施設の設計を実施することとなった。

2.2 設計対象箇所の溪流特性

対象溪流は、静岡県富士宮市内房付近くに位置している。流域面積は、0.009km²と非常に小さく、溪床勾配が1/2.2(25.5°)と急勾配な溪流であり、溪流内には明瞭な谷地形を有し、常時流水はある。保全対象は国道52号のみであり、溪流の最下流には谷止工が設置され、排水柵および道路横断函渠(φ=1000)が位置し、接続する河川へ流下する排水構造となっている。対象溪流の計画流出土砂量は、簡易貫入試験等により溪床不安定土砂の層厚を調査し、それをもとに算出した溪流内の移動可能土砂量560m³の全量を採用した。計画流出流木量は、砂防施設設計要領¹⁾に従い、現況調査法により算出し、11m³(平均流木長:1.0m、流木の最大長:4.6m)を採用した。また、礫径調査についても同様に実施し、D₉₅:0.8mとした。

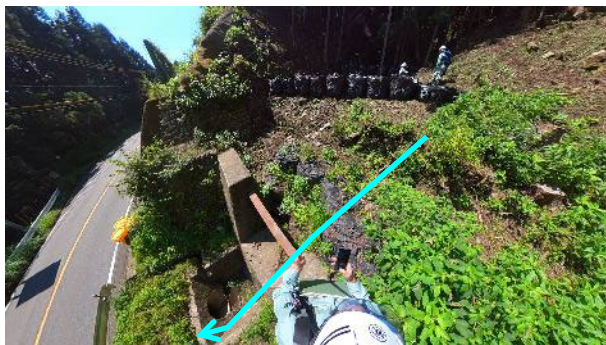


図1 対象溪流の谷出口 現況

3. 設計事例

3.1 設計条件について

設計条件は表1のとおり設定した。

表1 設計条件一覧(抜粋)

河床勾配	1/2.2	1波の土砂量	380m ³
計画堆砂勾配	1/6.0	土砂濃度	0.54
計画雨量	401.7mm	土石流 ²⁾ の流量	4.2m ³ /s
流域面積	0.009km ²	土石流水深	0.45m
清水 ²⁾ の流量	0.49m ³ /s	土石流の単位体積重量	19.97kN/m ³
土砂混流量	0.74m ³ /s	土石流流体力	13.39kN/m

3.2 施設配置を検討する上での制約条件

施設配置を検討する上で、制約条件を以下に示す。

- ✓ 対策施設が満砂した際に越流可能性のある水脈飛距離が既設谷止工を超えて道路に越流しない配置
- ✓ 石積護岸上への杭の打設が出来ない施工事例が周辺現場にて確認されたため、杭の打設等により右岸側の石積護岸に影響のない配置
- ✓ 施設配置位置および施工時の床掘等により道路用地を超えない配置

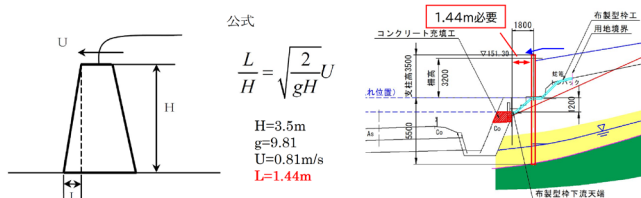


図2 水脈飛距離の検討結果

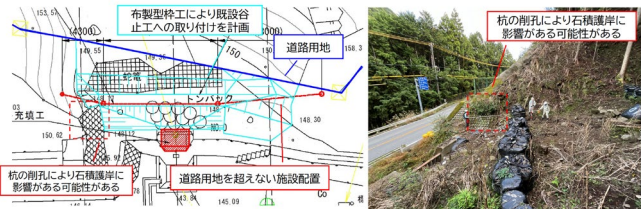


図3 対策工配置位置の検討方針

3.3 対策施設の形式選定

道路土工(切土工・斜面安定工指針)(平成21年度版)²⁾に基づき、当該箇所における対策施設として、「土石流対策施設(堰堤による捕捉、床固工による堆積土砂の移動防止)」を基本方針とした。

土石流対策施設の候補としては、支柱・ネット式フェンス、カバート改良工、不透過型砂防堰堤工、透過型砂防堰堤工(小規模溪流型)等が考えられる。このうち、カバート改良工については、流木の捕捉機能を有さないことから、道路防災上求められる対策効果を満足しないと判断し、比較対象から除外した。また、不透過型砂防堰堤工および透過型砂防堰堤工については、想定される土砂・流木規模に対して施設規模が過大となり、経済性の観点から比較対象としない方針とした。

以上を踏まえ、対策工法の形式として、「第1案 アンカー・ネット式の土石流捕捉工」および「第2案 支柱・ネット式の土石流捕捉工」の2案について比較検討を行った。その結果、施工性、経済性および道路防災上の対策効果を総合的に評価し、第2案である支柱・ネット式の土石流捕捉工を採用することとした(表2)。

3.4 検討結果

検討結果として、具体的には、支柱・ネット式土石流捕

掘削を基本とし、既設谷止工の透過部を活用した取り付け構造を採用することで、渓流内の土砂・流木を確実に捕捉しつつ、掘削量の抑制および道路用地内での施工を可能とした。また、スクリーン取り付け高さは既設谷止工の水通し底板から0.8mの位置とし、間詰Coおよび布製型枠を併用することで、流下構造の安定性および施工性の向上を図った(図4、図5)。本設計により、道路上への土砂・流木流出防止という道路防災上の目的を確保しつつ、現地制約条件に対応した合理的な施設配置を実現した。本設計成果を踏まえ、次項に今後の課題に関する考察を述べる。

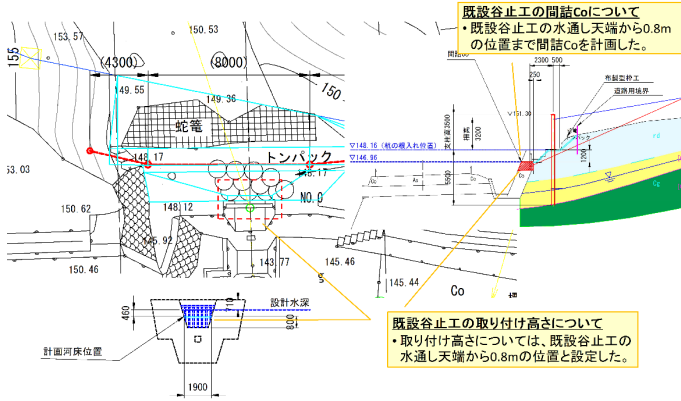


図4 設計結果① (抜粋)

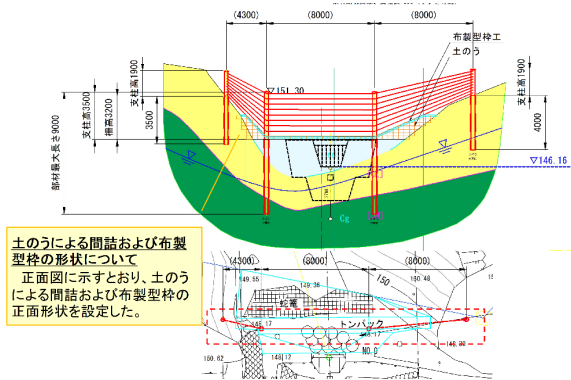


図5 設計結果② (抜粋)

4. 考察および今後の課題

4.1 整備対象土砂量・流木量および計画規模の考え方

砂防事業では渓流内の不安定土砂・流木の全量を整備対象とする整理が基本である一方、道路防災事業では「道路上への流出防止」という目的が重視される。

本渓流を対象にした渓流においても全量を対象にする場合、施設規模が過大となり得る可能性もあり、例えば、1波の土石流により流出すると想定される土砂量等を整備対象とする整理も有効と考えられ、渓流規模や状況に応じて判断が必要である。本渓流においては、災害直後の対応であったため、安全側を考慮し、全量を対象とした。

また降雨規模についても、再現期間の大きい降雨は道路規制(通行止め)レベルと重なり得ることから、設計外力と道路運用(規制・復旧目標)の関係を踏まえた設定方法の体系化が今後の課題である。

4.2 礫径調査の考え方

道路防災で対象となる渓流は小流域であることが多く、流出土砂が細粒分主体となる例が想定される。

このような条件では、一般的な巨礫に着目した礫径調査のみでは、設計条件として支配的な粒径を適切に代表できない可能性がある。

従って、本設計事例のような渓流では、溪床材料の分布を踏まえた代表粒径(平均的粒径)による条件設定や、サンプリング方法・代表粒径の定義を含めた調査手法の適用性検討が必要であり、事例に基づく整理が今後の課題である。

4.3 渓流の規模や既設構造に応じた対策施設の考え方

道路防災事業の渓流では、流末に道路横断管渠・カルバート等の排水施設を有する 경우가多く、対策施設整備後に既設排水施設へ確実に取り合うことが主要条件となる。本事例でも、道路用地制約や掘削条件等を踏まえ、既設構造物への取り付け形状・高さ等を工夫して最終構造を決定した。

今後は、渓流規模(流域面積・勾配・土砂/流木規模)に加え、排水施設形態と施工制約(用地、床掘、安全性)を組み込んだ対策施設選定フローを整備することが重要であり、そのための設計事例の蓄積・比較整理がキーとなる。

参考文献

- 1)国土交通省 中部地方整備局(2020): 砂防施設設計要領
- 2)公益社団法人 日本道路協会(2009): 道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)

表2 工法の比較検討結果

方法	第1案 アンカー・ネット式の土石流補足工	第2案 支柱・ネット式の土石流補足工
概要	小規模渓流に設置する土石流および流木の捕捉を目的とした柔構造の土石流・流木捕捉工であり、土石流荷重作用時にリングネットとエネルギー吸収装置のブレーキングが変形することで大きな衝撃エネルギーを吸収できる柔構造物工法である。	衝撃耐力を有した支柱を主部材とし、土石流荷重作用時に緩衝装置が作動することで大きな衝撃エネルギーを吸収する。道路用の土石流捕捉工として実績が豊富である。
模式図・写真等		
実績	平成26年における広島市の土石流災害や令和2年岐阜県郡上市での災害時に本復旧までの期間、応急対策工として採用されている。	○ 土砂流出防止対策としての実績は豊富で、規模の大小問わず土石流を捕捉している。
施工性	○ 渓流の横断形状に合わせて設置できること、ワイヤレスおよび支柱はアンカーで地盤に定着させるため渠床や袖部等の掘削の必要はない。	◎ 渓流の横断形状に合わせて設置できること、ワイヤレスおよび支柱はアンカーで地盤に定着させるため渠床や袖部等の掘削の必要はない。
工期	○ 3か月程度	○ 3か月程度
経済性	○ 概算工事費 64,000,000	○ 概算工事費 44,000,000
用地	△ 両岸に設置するアンカーが用地の範囲を超える可能性がある。	○ 用地範囲内での施工が可能である。
総合評価	－ 工期は同程度であるものの、経済性に劣る。また、上部から地表面に打設するアンカーが用地範囲を超える結果となったため採用案としない。	◎ 第2案は実績・施工性・工期・経済性のすべての点において、第1案より優れている。また、用地範囲内での施設配置が可能であることから採用案とする。