六甲砂防事務所管内における無流水渓流対策について

（一財）砂防・地すべり技術センター　○篠原雄人、西内卓也、井上隆太、佐々木司、藤井直也
国土交通省　近畿地方整備局　六甲砂防事務所　小竹利明、岸本昌之、福富章弘

1. はじめに

流域面積の小さな渓流において効果的・効率的に対策を進めるために、令和 4 年 3 月に国土交通省水管理・国土保全局砂防部より「無流水渓流対策に係る技術的留意事項（試行案）[1)]」（以下、試行案とする）が示された。試行案の無流水渓流対策では、二次製品等を活用した対策や通常の砂防堰堤と比較して一部構造の簡素化を図った対策を設置することが示されており、通常の土石流対策と比較してコストの縮減が期待されている。

六甲砂防事務所管内（以下、管内とする）では、平地部から山地部へと宅地化が進行している背景から、保全対象と土砂生産域が近接している箇所が多く存在する。そこで本研究では、管内において無流水渓流を抽出し、通常の土石流対策と無流水渓流対策のコストを比較することで無流水渓流対策に置き換わった際のコスト縮減効果を検証した。

2. 六甲砂防管内の無流水渓流の抽出

2.1 無流水渓流の抽出方法

試行案では、無流水渓流を「①流路が不明瞭で常時流水がなく、平常時の土砂移動が想定されない渓流」かつ「②基準点上流の渓床勾配が 10°程度以上で流域全体が土石流発生・流下区間である渓流」と定義されている。この定義から、無流水渓流に該当する渓流の特徴を表 1 で示した 3 つの要素に分類し、すべてを満たす渓流を無流水渓流と判定した。条件 A から C の判定方法は、土石流危険渓流カルテや区域調書等から机上で判定し、机上では確認困難な条件に関しては現地調査にて確認した。なお、現地調査では渓床堆積土砂の状況から平常時の土砂流出の有無を確認し、条件 A を判定した。

表 1 無流水渓流の条件

条件	無流水渓流の特徴
条件A	流路が不明瞭
条件B	常時流水がない
条件C	基準点上流の渓床勾配が10°程度以上

2.2 管内における無流水渓流の抽出結果

本検討では、管内の土石流危険渓流を対象とした。

判定の結果、管内の土石流危険渓流のうち約 15%に該当する 56 渓流が無流水渓流の特徴を有していることを確認した。

図 1 無流水渓流の条件を満たす渓流の状況

3. コスト縮減効果の検証

2.2 で無流水渓流と判断した 56 渓流のうち、既に整備が完了している渓流等を除いた 40 渓流において、コスト縮減効果を検証した。

3.1 概略設計の実施

検証の対象とした 40 渓流のうち代表 3 渓流において、無流水渓流対策と通常土石流対策それぞれの概略設計を行った。無流水渓流対策の概略設計に際しては、計画流出土砂量・流木量を満足させる堰堤規模とし、流域状況や施工性等から工法を選定した。また、通常土石流対策の堰堤型式については、一般的に広く用いられている重力式コンクリート堰堤とした。

表 2 対象渓流の特徴

対象渓流		対象渓流①	対象渓流②	対象渓流③
流域諸元	流域面積(km^2)	0.02	0.02	0.01
	渓床勾配(1/n)	1/2.6(21.0°)	1/8.7(6.6°)	1/4.4(12.8°)
	土石流ピーク流量(m^3/s)	11.1	16.5	16.7
	計画流出土砂量(m^3)	1,000	1,000	1,147
	計画流出流木量(m^3)	2	15	22
	最大礫径D95(m)	0.8	礫なし	0.3
無流水渓流対策	堰堤型式	透過型	不透過型	透過型
	製品名	アーバンガード	JDフェンス	スリットバリア
	堰堤高(m)	5.5	6.0	4.0
通常土石流対策	堰堤型式	鋼製透過型	不透過型	不透過型
	堰堤高(m)	8.0	7.5	8.5

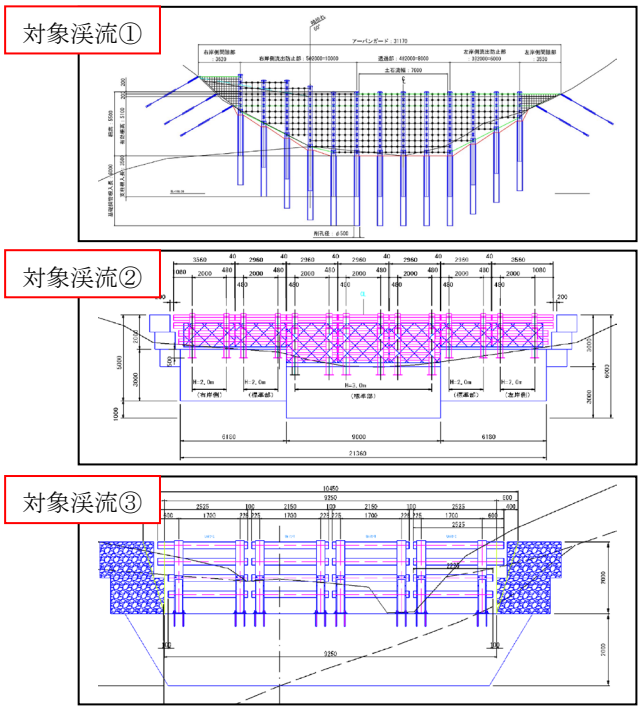

図 2 無流水渓流対策

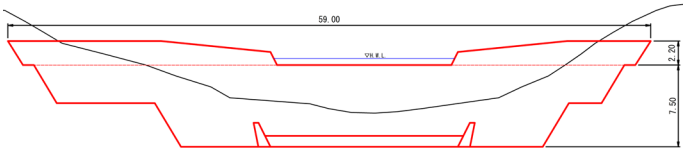

図 3 通常土石流対策の例

3.2 コストの比較

3.1 で概略設計を行った 3 渓流について、無流水渓流対策と通常土石流対策のコストの比較を行った。コストの算出にあたっては、堰堤工、土工、仮設工からなる直接工事費に諸経費（直接工事費の 80%として算定）を加えた値をコストとした。

また、管内の無流水渓流 40 渓流のうち、既に設計が実施されている 3 渓流（対象渓流④、⑤、⑥）についても、各対策のコストを整理した。

表 3 コストの比較結果

対象渓流	対象渓流①	対象渓流②	対象渓流③	対象渓流④	対象渓流⑤	対象渓流⑥
無流水対策コスト（千円）（A）	91,000	55,000	77,000	77,000	－	－
通常土石流対策コスト（千円）（B）	196,000	132,000	145,000	111,000	379,600	191,019
比率（A/B）	46%	42%	53%	69%	－	－

3.3 無流水渓流対策におけるコスト縮減効果の検証

管内の無流水渓流 40 渓流に対して、コスト縮減効果を検証した。検証方法として、代表渓流のコスト算定結果（表 3）から、コスト増減の要因となり得る流域諸元（表 4）と概算コストとの関係（回帰式）を整理し、最も相関が認められる流域諸元を用いて、管内全体の概略的なコスト縮減効果を推定した。（図 4）

まず、単独の指標にて流域諸元とコストの相関を検証した。検証結果（表 5）の通り、無流水渓流対策と通常土石流対策いずれにも相関がある指標は確認されなかった。そこで、流域諸元を組み合わせた組合せ指標にて検証した。検証結果（表 6）の通り、「計画流出土砂量×流域面積×渓床勾配」の組合せ指標にて、無流水渓流対策では決定係数 R^2=0.4297 が得られ、通常土石流対策では決定係数 R^2=0.6024 が得られた。以上から、いずれも一定の相関が認められたと判断できる。

表 4 コスト算定の根拠となり得る流域諸元

流域諸元	コストとの関係
計画流出土砂量	土砂量が大きいほど施設規模が大きくなり、コストが増加する
流域面積	流域面積とピーク流量や流出土砂量には正の相関があることが知られていることから[2]、施設規模に影響する
渓床勾配	渓床勾配が大きいほど土砂整備量を稼ぐために施設規模が大きくなり、コストが増加する
谷幅	谷幅が大きいほど堤長が大きくなり、コストが増加する

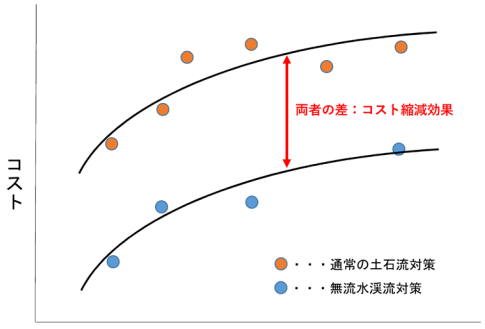

図 4 無流水渓流における流域諸元とコストとの関係

表 5 単独指標によるコストとの相関

区分	コストとの相関（対数近似式との決定係数：R^2）			
	計画流出土砂量	流域面積	渓床勾配	谷幅
無流水渓流対策	0.0053	0.0192	0.8957	0.4367
通常土石流対策	0.5093	0.2364	0.0638	0.2194

相関がある（R^2≧0.5）　やや相関がある（R^2≧0.4）

「計画流出土砂量×流域面積×渓床勾配」とコストとの関係から導かれる関係式（対数近似：図 5）を用いて、管内の無流水渓流 40 渓流のコストを推定した。

算定した結果（表 7）、通常土石流対策が約 100 億円を要するのに対し、無流水渓流対策では約 34 億円となった。以上から、管内全ての無流水渓流に対して、無流水渓流対策を実施した際には、約 6 割から 7 割程度のコスト縮減効果があることが確認された。

表 6 組合せ指標によるコストとの相関

区分	コストとの相関（対数近似式との決定係数：R^2）				
	渓床勾配×流域面積×谷幅	計画流出土砂量×渓床勾配×谷幅	計画流出土砂量×流域面積×谷幅	計画流出土砂量×流域面積×渓床勾配	計画流出土砂量×渓床勾配×流域面積×谷幅
無流水渓流対策	0.411	0.8934	0.0109	0.4297	0.4928
通常土石流対策	0.069	0.1353	0.3623	0.6024	0.3339

相関がある（R^2≧0.5）　やや相関がある（R^2≧0.4）

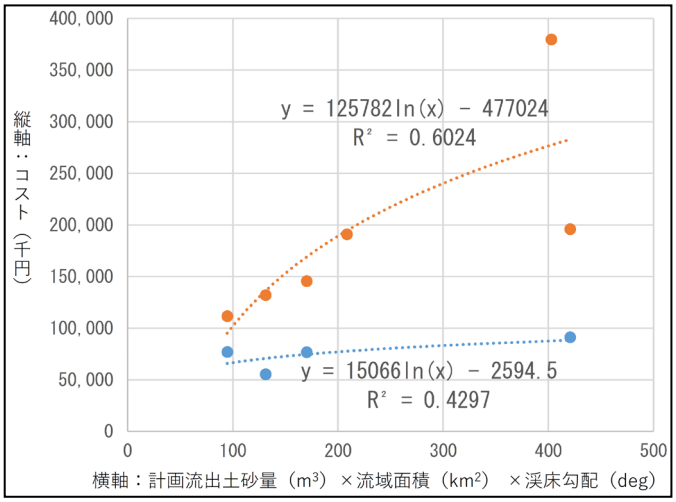

図 5 無流水渓流における流域諸元とコストとの関係

表 7 管内無流水渓流（40 渓流）のコスト比較

	総額コスト（千円）	1渓流あたりのコスト（千円）
無流水渓流対策（A）	3,400,000	84,000
通常土石流対策（B）	10,000,000	250,000
比率（A/B）	34%	34%

4. 終わりに

本検討結果より、無流水渓流対策を実施することで通常土石流対策と比較して約 6 割から 7 割程度のコスト縮減効果があることがわかった。このことから、限られた財政状況の中で、より効率的かつ効果的な土石流対策を推進していくためには、無流水渓流対策の推進が重要であるといえる。ただし、本検討では代表渓流のコスト及び流域諸元から全体のコストを概略的に算出したため、渓流によっては本結果のような縮減効果が得られない場合もあることに留意する必要がある。

また、無流水渓流対策にあたっては、個々の渓流によって適した工法を選定することで、よりコストの縮減が可能となる。今後は、無流水渓流のなかで特徴を分類し、その特徴に適した工法の開発や施工方法を検討することが重要であると考えられる。

参考文献

1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部（令和 4 年 3 月）：無流水渓流対策に係る技術的留意事項（試行案）
2) 石川芳治：流域面積，降雨量，地質が土石流の流出土砂量・ピーク流量に与える影響と確率的手法を用いた流出土砂量・ピーク流量の推定法，砂防学会誌，Vol.73，No.5，p.15-26