

一次元河床変動計算における砂防施設が下流への被害軽減に及ぼす影響への考察

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○高橋和樹, 菊井稔宏

1. はじめに

平成30年3月に砂防基本計画が改訂され、河床変動計算を用いて砂防計画を検討することとなった。短期洪水に対する土砂・洪水氾濫対策計画では、これまでの水系砂防の流域スケールにおける、計画基準点下流に対して上流域の砂防施設効果はほとんど見られなくなる。このため、基準点付近や保全対象の直上流付近に遊砂地等を計画することが効果的となる。ただし、細粒土砂は捕捉されないため、これによる被害を減らすためには土砂生産を抑制するか、生産土砂の流入を減らす対策を検討する必要がある。

このように、砂防施設配置計画の考え方が従来の土砂収支によるものから変化することに鑑み、本研究では河床変動計算を用いて砂防施設の効果の発現状況についてモデル計算を実施し、砂防施設配置の基本的な考え方を整理する。その上で、砂防施設の効果と砂防施設整備の考え方について提案するものである。

2. 研究手法

流域面積が50~100km²程度のモデル流域を対象に一次元河床変動計算を用いて、砂防施設の配置状況に応じて河床変動がどのように変化するかを明らかにする。その際、供給土砂量、河道侵食深(不安定土砂の多寡)、粒径等を変化させ、砂防施設の効果について確認し、砂防施設の配置位置に応じて河床変動や流砂量がどのように変化するかについて明らかにすることとした。

3. 計算モデルおよび条件設定

一次元河床変動計算モデルは、国総研資料(第874号および第1048号)の考え方に基づいた急勾配から緩勾配を一連で計算可能なモデルとし、土石流~土砂流区間は高橋の平衡濃度式、掃流砂はM.P.M式、浮遊砂は芦田・道上式を用いて計算するプログラムとした。また、河床せん断応力は鈴木らによる遷移モデル、フェーズシフトは浮遊砂の基準面濃度より算出する手法を適用している。計算における条件およびパラメーターの一覧を表1に示す。

本研究におけるモデル流域は、以下の諸元をもつ2流域とした。(ここでは以降、A流域について詳細を示す)

- ①A流域: 63.3km²、流路延長14.0km、平均河床勾配1/4.5(約12°)
- ②B流域: 99.5km²、流路延長20.0km、平均河床勾配1/8.0(約7°)

表-1 計算条件等の一覧

条件	分類	一次元河床変動計算モデル
概要	次元	一次元
	時間変化	不定流
	流砂	非平衡計算
流量条件	流出解析モデル	単位図法
	降雨条件	タルボット式による100年超過確率雨量の中央集中型(385mm/日)
地形モデル	断面	台形断面
	断面間隔	50~100m
	地形	平成20、21年の航空レーザー測量データ
粒径条件	粒径階	20
	粒度分布	令和2年に実施された河床材料調査結果
水・土砂供給	水	国総研資料に基づく供給地点
	土砂	計画土砂量(468万m ³ 、8万m ³ /km ³) 供給地点の地形条件に応じた土砂濃度と土砂供給開始流量を設定
物性値等		流体密度 ρ : 1.0g/cm ³
		砂礫密度 σ : 2.60g/cm ³
		渓床堆積土砂の内部摩擦角 ϕ : 35°
		粗度係数: 0.055(水理公式集; 山地流路、玉石、大玉石の中央値) 堆積速度係数: 0.01

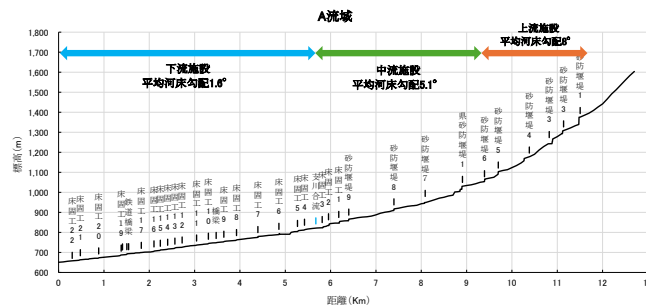


図-1 A流域縦断図および施設位置

A流域の計算対象区間を大きく上流、中流、下流の3つに区分し、それぞれの区間の砂防施設が無い状態の地形(地盤標高)を想定し、①計画施設時、②上流施設なし(中流+下流施設あり)、③上流および中流施設なし(下流施設のみあり)、④無施設(全施設なし)の4種類の地形データを作成し計算に用いた。(図1)ただし、治山施設等はあるものとして扱った。

表-2 A流域の簡便式による施設効果量

区間	A流域 簡便式による施設効果量(m ³)				合流点からの距離
	貯砂量	調節量	扞止量	計	
上流	958,000	109,170	385,200	1,452,370	9km~
中流	982,080	211,700	567,361	1,761,141	4~9km
下流	-	-	-	-	~4km
計	1,940,080	320,870	952,561	3,213,511	

それぞれの区間の砂防施設の効果を簡便式により算出したものを表2に示す。なお、A流域下流について渓流保全工(流路工)に伴う床固工が整備され、生産抑制効果(河床侵食の防止効果)があるが、ここでは表示

していない。流域の施設効果量（調節量+扞止量）は上流：中流＝1：1.6程度である。

4. 計算結果

(1) 河床変動

A流域における4つの施設条件（無施設、上流施設なし、上流及び中流施設なし、計画完成）での河床変動計算の結果によると、上流区間の施設は中流区間までの河床変動に影響するものの、下流区間の河床変動に対しては影響を及ぼしていない。中流区間の施設は下流区間の河床変動に影響を及ぼしていることが分かる。また、無施設とすると下流の流路工の箇所に土砂堆積が発生するものの、その最大堆積深は計画施設がある場合とほとんど変わらない。

(2) 通過土砂量

砂防施設を上流から無い条件としていくと、中流施設が無い条件では河床変動と同様に下流に影響が出るが、上流施設だけでは、大きく流砂量を減じる効果はない。特に上流施設が無い条件とした場合は、その下流の一定区間の通過土砂量は減じるものの、中流から下流ではほぼ同じ値となっている。上中流までの施設が無い条件の場合でも、下流端での通過量は大きく変わっていない。

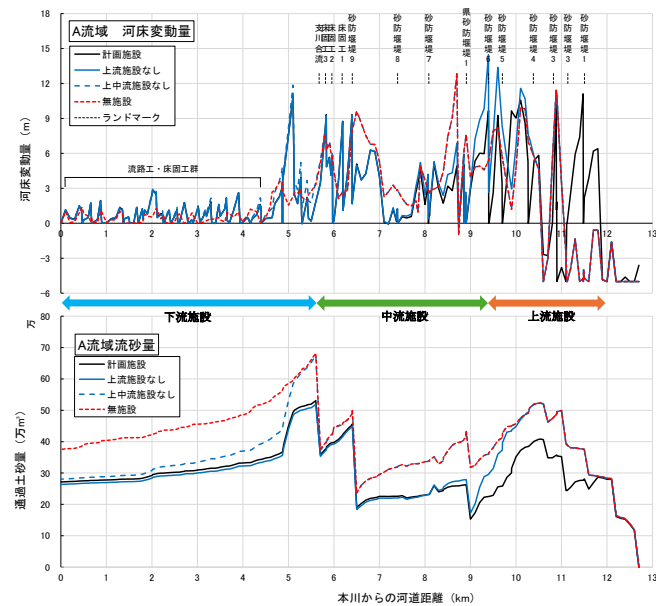


図-2 A流域における河床変動および通過土砂量

(3) 粒度分布

粒径階ごとの通過土砂量の結果より、2mm以下の砂および0.075mm以下の細粒成分は施設の有無が通過土砂量に与える影響は少なく、2mm以上の礫が砂防堰堤に主体的に捕捉されている。特に計画施設によって75mm以上の大径礫のほとんどは、下流端に到達しなくなる。

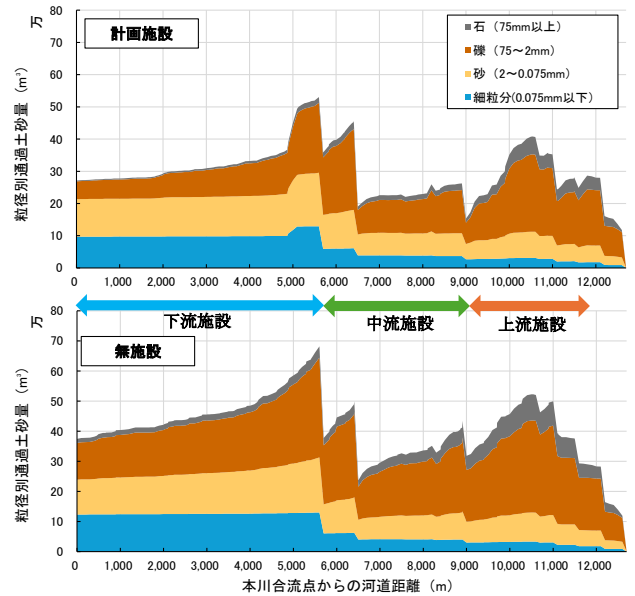


図-3 通過土砂量の粒度分布

5. 考察

(1) 河床変動

- 上流域に配置した施設は中流域、中流域に配置した施設は下流域の河床変動を抑制する効果がある。（今回の検討ケースでは、下流4～6km程度の区間）
- 支川合流後の保全対象直上流に計画されている堆積工（下流域の施設に位置）が下流域の河床変動に大きく寄与している。

(2) 下流端への通過土砂量および粒径

- 上流施設は本川へ流下する流砂量を抑制する効果はほぼ無いが、礫分の流出を抑制する効果はある。
- 中流施設は本川へ流下する流砂量を抑制する効果は少ない（約7%程度）
- 下流に配置した施設は本川へ流下する流砂量を抑制する効果が高い（約20%程度）

6. おわりに

以上のことから、今回のモデル流域での地形条件を有する溪流に対して、短期土砂流出現象に対する砂防施設配置の基本的な考え方は次のとおりである。

- 流域から流出する土砂量を抑制するためには、溪流の出口付近（下流端付近）に砂防施設を設置することが効果的となる。
- 流域内で河床上昇に伴う被害が想定される場合には、河床上昇が生じる地点の上流にて土砂流出抑制を行うことが効果的となる。

現状の土砂・洪水氾濫の計算モデルでは、従来より実施してきた上流域での砂防事業が適切に評価しきれないことが示唆される。今後は、中長期現象を考慮した河床変動計算や新たな効果評価手法について検討する。