

鋼製透過型砂防堰堤が持つ土石流捕捉効果の評価方法に関する一考察（その2）

鋼製砂防構造物委員会 調査部会 WG 日本工営株式会社 ○杉山 実・田方 智
 (一財) 砂防・地すべり技術センター 武土俊也、嶋 丈示、武田一平
 政策研究大学院大学 水山高久

1. はじめに

効果的な水系砂防計画・土石流対策計画を検討する上で、保全対象の位置や想定される土砂移動規模や頻度を考慮して適切な対策施設を配置することが重要であり、対策施設の1タイプである鋼製透過型砂防堰堤についても、その土砂捕捉機能（平常時には土砂を流下させ、土石流発生時には土砂を捕捉し、土砂流出を調節・カットする役割）の検証と効果の確認が求められている。本発表は、過去に土石流が発生した溪流において、対策施設の構造形式の違いによる施設効果評価を、土石流氾濫シミュレータを用いて行った事例（3事例のうち1件）紹介であり、その結果の検証と考察を併せて行った。なお、本発表のテーマは、一般財団法人砂防・地すべり技術センターの常設委員会である「鋼製砂防構造物委員会 調査部会」の平成27年度調査テーマの一つである。

2. 検討方法

対策施設の構造形式の違いによる施設効果評価を検証するため、一次元河床変動計算によって施設の土砂捕捉効果を評価し、さらに二次元土砂氾濫計算によって土砂流出調節効果の評価した。一連の数値計算には、土石流シミュレータ「Kanakano 1D^{※1}」および「Hyper KANAKO^{※2}」を用いた。

3. 検討対象と計算条件

(1) 検討対象

過去に集中豪雨によって土石流が発生したX流域（表1）を対象とする。土石流発生当時、保全対象上流に既設堰堤（不透過型）があったが、未満砂の空き容量以上の土石流が流下したために、越流した土石流によって下流の保全対象が被害を受けた。

表1 X流域の災害に関する諸元

項目	値	備考
流域面積	0.29km ²	
流路長	1.2km	
平均河床勾配	約30度	
雨量強度	123mm/h	※25mm/10min
被害	家屋半壊5、床上浸水20	
流出土砂量	9,400m ³	

(2) 計算条件

計算条件について、表2のように設定した。LPデータを基に土石流発生斜面の脚部直下（勾配22度）から既設堰堤部（勾配15度）までの650m区間における10m間隔の矩形地形を一次元計算用に作成し、実績氾濫域における5mメッシュを二次元計算用に作成した。土砂ハイドログラフは、10分毎の実績ハイトから流出解析（中安単位図法）によって清水ハイドロを作成した後、高橋の土石流平衡濃度式を用いて流出土砂量実績と整合するように土石流発生時間を設定した。後述するCase1とCase2はHyper KANAKOの一次元・二次元モデルで計算し、Case3はKanakano 1Dの一次元モデルとHyper KANAKOの二次元モデルで計算した。

表2 計算条件

項目	値	備考
一次元地形データ	10m間隔	66断面の矩形
二次元地形データ	5mメッシュ	災害後地形から推定
施設	1基	計算ケースによって施設タイプ変更
土石流ピーク流量	97m ³ /s	約2分継続し、後続流60分
泥水密度	1.2	
砂礫密度	2.65	
代表粒径	1m※ケース3では0.2mを50%混在	現地状況より
被害	家屋半壊	
内部摩擦角	30度	
堆積土砂濃度	0.6	
計算時間刻み	0.01秒	
侵食速度係数	0.0007	
堆積速度係数	0.05	
流れの閾水深	0.05m	
水深の最小値	0.01m	
マニング粗度係数	0.04	
川幅	5~40m	現地状況より
侵食深	0m	侵食発生区間短いため
単位図法の単位時間	10分	

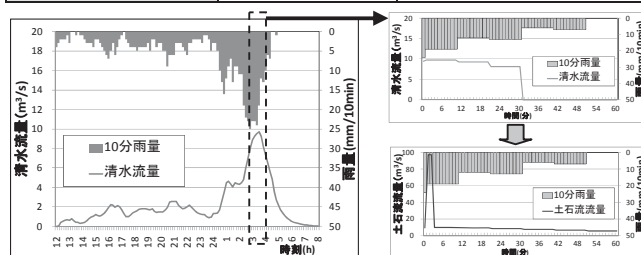


図1 土石流ハイドログラフの作成

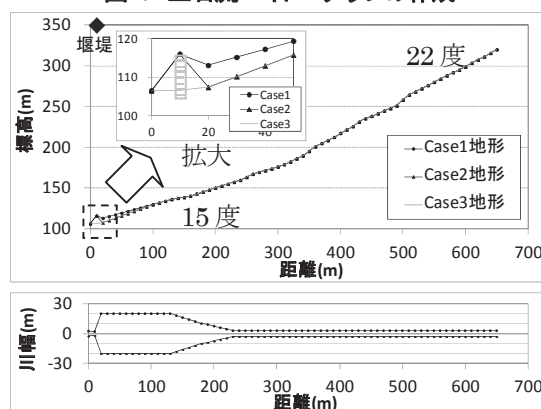


図2 一次元計算区間の地形データ

(3) 計算ケース

対策施設の構造形式の違いによる施設効果評価を評価するために、表3に示す3ケースの計算を実施した。Case1が実績に相当し、既設堰堤（有効高10.5m、貯砂量11,670m³）において6割程度堆砂して空き容量が少なかった状況である。Case2は施工直後または除石管理がされていた場合で、Case3は既設堰堤が鋼製透過型砂防堰堤タイプであった場合（有効高10.5m、φ0.6m鋼材、鋼材純間隔1.5m＝代表礫径×1.5倍）である。

表3 計算ケース

ケース	堰堤のタイプ	備考
Case1	不透過堰堤	一部（60%）堆砂 →4m 空き容量
Case2	不透過堰堤	空（除石後を想定） →9.5m 空き容量
Case3	鋼製透過型堰堤	空

4. 一次元河床変動計算結果

一次元土石流河床変動解析による各ケースの流出ハイドロ、流出土砂ハイドロの比較を図3に示す。Case1では土石流発生から400秒後（T=400）に既設堰堤が満砂後、土石流が越流（捕捉率76%）しており、そのピーク流量は25m³/s（土砂流出ピークは約14m³/s）となっている。Case2では空き容量の影響で、満砂するのが5分遅れてT=700となり（捕捉率91%）、そのピーク流量は20m³/s（土砂流出ピークは約9m³/s）とCase1に比べて低下している。

Case3では鋼製透過型砂防堰堤の特性によって、土石流到達時（T=300）に土砂が流出するものの大半の土砂は捕捉され（捕捉率97%）、そのピーク流量は4m³/s（土砂流出ピークは0.8m³/s）でCase1やCase2に比べて大きく低下する。

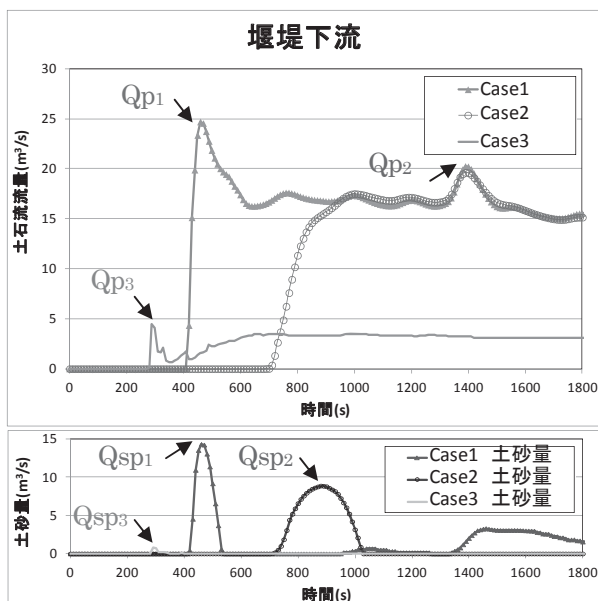


図3 流出ハイドロ・土砂ハイドロの比較

表1 計算結果比較

ケース	堰堤	堆積土砂量	流出土砂量	流出ピーク流量 Qp	流出土砂ピーク流量 Qsp
		投入土砂量 9,433m ³		投入ピーク 97m ³ /s	投入ピーク 53m ³ /s
Case1	不透過堰堤(堆砂)	7,166m ³	2,267m ³	25 m ³ /s	14m ³ /s
Case2	不透過堰堤(除石)	8,582m ³	851m ³	20m ³ /s	9m ³ /s
Case3	鋼製透過型堰堤	9,127m ³	306m ³	4 m ³ /s	0.8m ³ /s

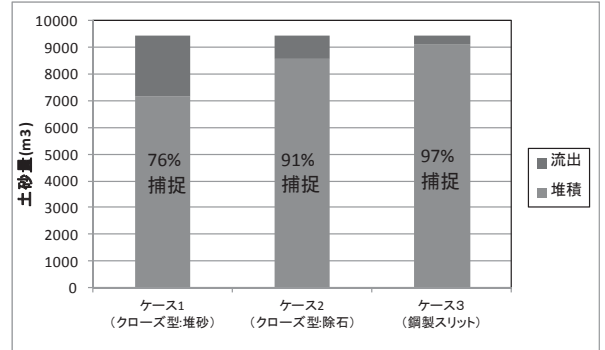


図4 土砂捕捉効果の比較

5. 二次元土砂氾濫計算結果

一次元計算結果（流出土砂ハイドロ）を用いて、堰堤下流側の流路工からの二次元土砂氾濫計算を実施した。Case1（実績再現）やCase2では発生した土石流の規模が堰堤の未満砂容量より大きいため、土砂を捕捉し切れずに、下流で土砂氾濫する結果となった。Case3では、鋼製透過型砂防堰堤によって土石流はほぼ完全に捕捉され、流出ピーク流量は大きく低減するため、下流の土砂氾濫が抑制される効果が期待される結果となった（図5）。

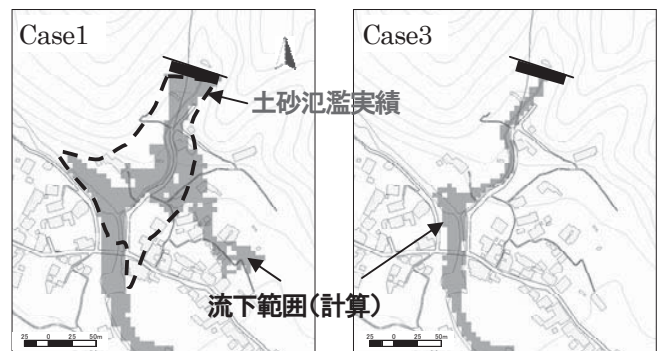


図5 二次元氾濫計算結果

6. まとめ

鋼製透過型砂防堰堤が持つ土石流捕捉効果の特性のうち、「透過部の閉塞による確実な土石流捕捉効果」、「ピーク調節・カット効果」について、適切な土石流氾濫シミュレータによって定量的に検証出来ることが確認出来た。別の検討事例と合わせ、今後は定量的な評価に繋げていきたい。

参考文献

- 1) 里深好文・水山高久：格子型ダムによる土石流の調節に関する数値解析，砂防学会誌，Vol. 57, No. 6, p21-27, 2005
- 2) 堀内ら：LPデータを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発，砂防学会誌，Vol. 64, No. 6, p25-31, 2012