

汎用土石流シミュレータ Kanako を活用した透過型砂防堰堤の最適解（形状・位置）探査

京都大学大学院農学研究科 ○中谷加奈・水山高久
立命館大学理工学部 里深好文

1. はじめに

悲惨な土石流による被害の防止・軽減には、砂防堰堤などの砂防構造物の設置が有効である。効果的な砂防堰堤を設置するには、堰堤の種類・設置位置・高さなどの最適解を求める必要があり、検討にはシミュレーションが有効である。

筆者らはこれまで汎用土石流シミュレータ Kanako¹⁾を開発してきた。GUI 実装によって情報の視覚化を図り、土石流数値シミュレーションを扱いやすいシステムにしたのである。しかし、どれほど扱いやすいシステムであっても、砂防事業や土石流計算の専門家以外にとって、最も効果的な最適解を導出することは難しい。なぜなら、最適解を探査するためには、被害軽減指標を定義して定量化するという作業が必要であり、これを一義的に決定することは困難を伴うからである。

本研究では Kanako を活用して、砂防構造物の最適解を検討・提案する。これまでに不透過型砂防堰堤についての位置・高さに着目した検討は実施済²⁾であるため、今回は透過型砂防堰堤についての検討を実施した。

2. 検討対象

2.1 対象とした災害事例

不透過型砂防堰堤の検討と同様に、2005年9月6日広島県宮島³⁾で発生した土石流を対象として Kanako (Ver. 1.44) を用いてシミュレーションを行った(図1)。

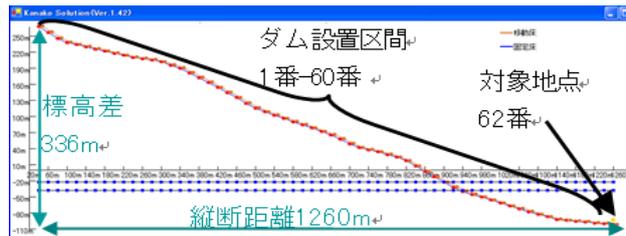


図1： Kanako で表される宮島の縦断図（川幅は一律15m）

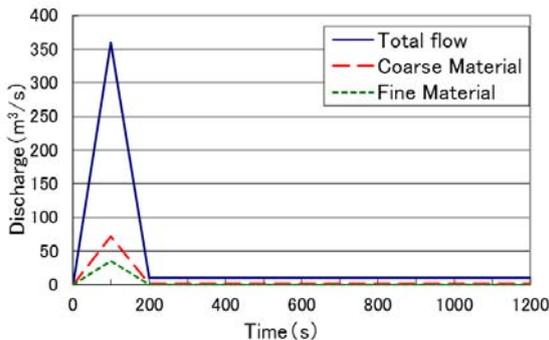


図2：宮島の計算で用いた供給ハイドログラフ

透過型砂防堰堤の設定条件は下記の通りで、比較のために無施設の場合についても検討した。

- ・ 種類：透過型砂防堰堤（形状は三種類）
- ・ 基数：1基
- ・ 設置位置：最上流（1番点）から対象地点の2点上（60番点）まで実施
- ・ 高さ：基礎からの高さ12mで一定

供給ハイドログラフ及び初期河床材料は、災害報告を元に参考文献²⁾と同様に設定した。供給ハイドログラフ(図2)は全土砂濃度30%として、透過型砂防堰堤の閉塞に寄与する大粒径の土砂濃度を20%、閉塞せずに流出する小粒径の土砂濃度を10%とした。初期河床材料は、河道に均一に0.7mの厚さとして、大粒径と小粒径の河床における存在比はそれぞれ50%とした。

その他の計算に用いたパラメータは計算時間(s)=1200, 計算の時間間隔(s)=0.01, 大粒径(m)=1.0, 小粒径(m)=0.1, 砂礫の密度(kg/m³)=2650, 流体相密度(kg/m³)=1180, 河床の容積濃度:0.60, 重力加速度(m/s²)=9.8, 侵食速度係数=0.0007, 堆積速度係数=0.05, マニングの粗度係数(s / m^{1/3})=0.03, 計算点間隔(m)=20, 計算点個数=62である。

2.2 被害軽減指標・対象

被害軽減指標として最大堆積土砂量 Z を用いて最適解を導出する。最大堆積土砂量は次の式で算出した。

$$Z = (z_{Max} - z_{init}) \times B \times dx \times C_*$$

ここに、 z_{Max} : 最大河床位、 z_{init} : 初期河床位、 B : 川幅、 dx : 計算点間隔である。

被害軽減の対象地点は、計算領域の最下流点とした。最下流点は谷出口となっていて、人家などの居住エリアの起点と考えられるためである。

2.3 検討ケース

透過型砂防堰堤の形状として、図3に示す三種類(Normal、Vertical、Mesh)を検討した。Normalは縦部材と横部材の鋼管間隔が等しいジャングルジム様、Verticalは縦部材のみを設置した形状である。Meshは構造物の下半分はNormalと同じ、上半分はNormalよりも鋼管間隔を半分に狭めた。

表1に示す12ケースについて、最下流点における最大堆積土砂量を比較した。大粒径サイズ D と鋼管間隔 L の比 (L/D) については1.0と1.5の場合を検討し、初期河床材料の有無についても比較した。

表1：検討ケース (Type は透過型砂防堰堤の形状を表し、N: Normal, V: Vertical, M: Mesh)

	Case1			Case2			Case3			Case4		
	初期河床材料：無、L/D=1.0			初期河床材料：無、L/D=1.5			初期河床材料：有、L/D=1.0			初期河床材料：有、L/D=1.5		
Type	N	V	M	N	V	M	N	V	M	N	V	M

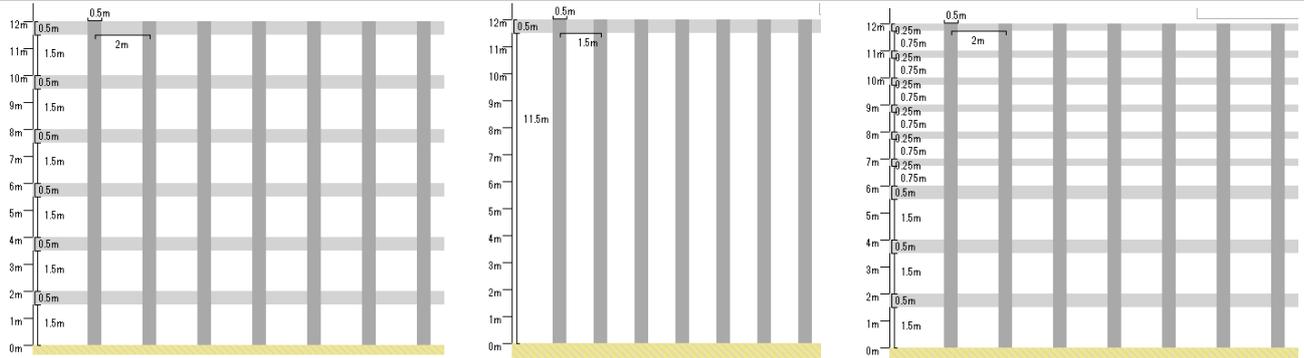


図3：検討に用いた三種類の透過型砂防堰堤の形状 (左から Normal, Vertical, Mesh)

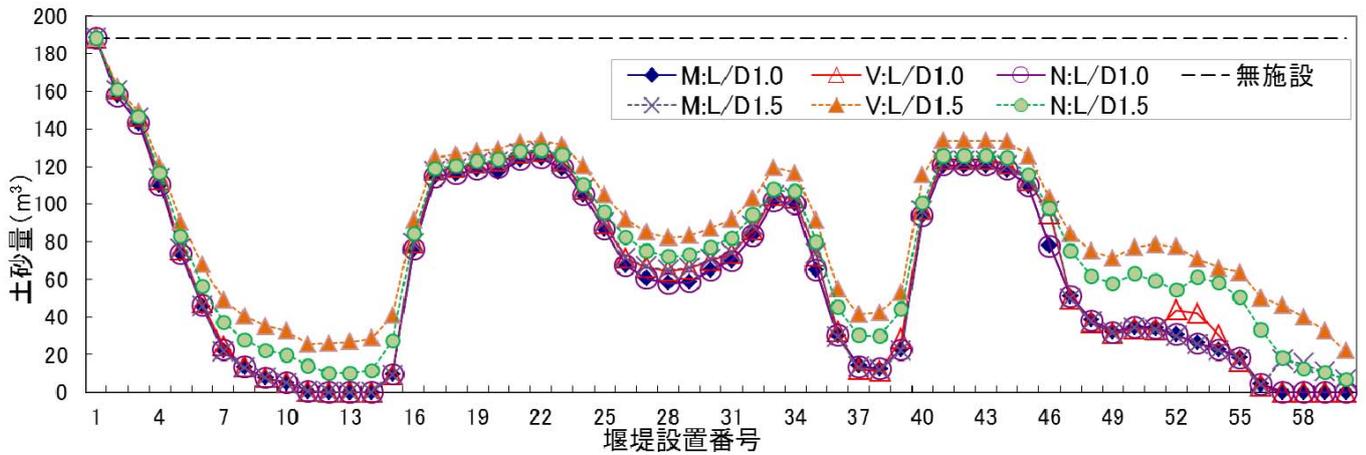


図4：Case1 と Case2 の最下流点での最大堆積土砂量

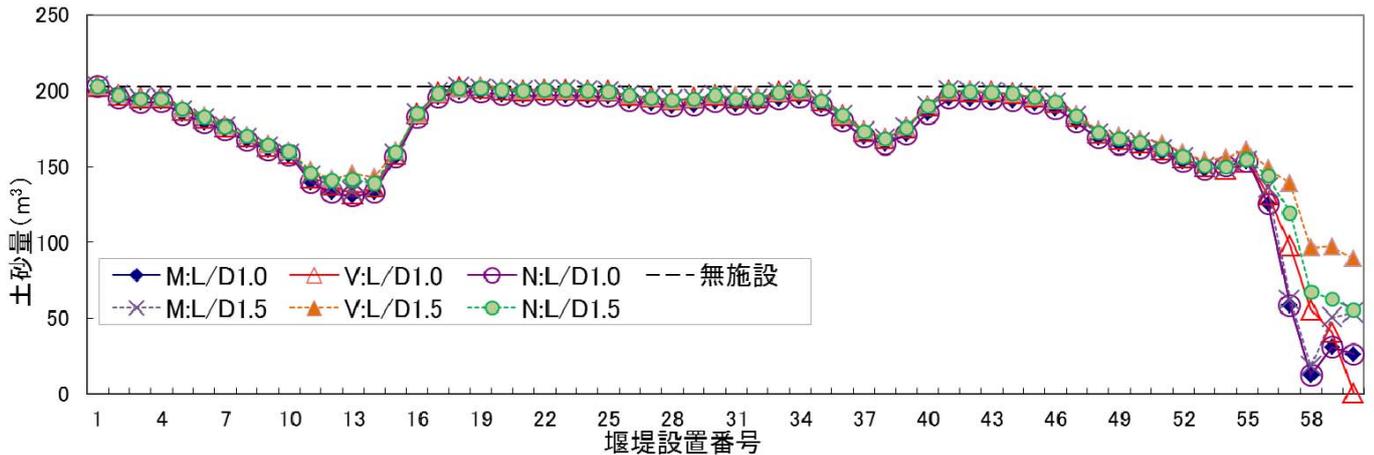


図5：Case3 と Case4 の最下流点での最大堆積土砂量

3. 結果・考察

初期河床材料が無い Case1、2 では、河床勾配 (堰堤の捕捉容量) に対応した結果となった (図 4)。初期河床材料が有る Case3、4 では (図 5) 上流側に堰堤を設置しても再侵食によって下流へ土砂が流下するため、被害軽減対象の最下流点の直上に設置した方が効果的である。初期河床材料の有無に関わらず、L/D は 1.0 の方が 1.5 よりも効果的である。堰堤の形状は Mesh が最

も効果的で、次いで Normal、Vertical の順であった。

(参考文献)

- 1) 中谷ら (2008) : GUI を実装した土石流一次元シミュレータ開発, 砂防学会誌, Vol. 61, No. 2, p. 41-46
- 2) 中谷ら (2010) : 砂防堰堤の最適解 (位置と高さ) の探索ツール開発 : Kanako を活用して, 砂防学会誌, Vol. 63, No. 3, p. 42-49
- 3) 海堀ら (2006) : 2005 年 9 月 6 日に広島県宮島で発生した土石流災害, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 5, p. 18-21