

平成 21 年 7 月 山口県防府石原地区で発生した土石流災害の検討
 - 汎用土石流シミュレータ KANAKO を用いて -

京都大学大学院農学研究科 正会員 ○中谷 加奈, 水山 高久
 京都大学大学院農学研究科 非会員 前田 大介
 立命館大学理工学部 正会員 里深 好文

1. はじめに

我が国では毎年土石流災害が頻発しており、平成 21 年 7 月に発生した土砂災害では九州北部・中国地方を中心に 22 名の死者が発生した。本研究では、平成 21 年 7 月に山口県防府で発生した土石流災害のうち、甚大な被害を受けた石原地区について、汎用土石流シミュレータ KANAKO を用いて数値シミュレーションを実施し、災害状況の再現や効果的な砂防えん堤の設置条件を検討した。



写真 1 : 被災した石原地区の住居

2. 汎用土石流シミュレータ KANAKO

KANAKO¹⁾ は MS VisualBasic. NET を開発環境として開発された、GUI を実装した汎用土石流シミュレータであり、5 つの基礎方程式が用いられている。里深らの提案したモデル²⁾を採用することによって、不透過型、スリット型、格子型の砂防堰堤を設置することを可能とし、高さや種類の異なる砂防堰堤を複数基設置した計算も可能としている。急勾配領域の一次元計算から、扇状地などの緩勾配までの二次元計算を統合的に計算することもできる。

(1) 水・土砂を含めた全容積の保存式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = i \quad (1)$$

2) 土砂体積の保存式

$$\frac{\partial C_k h}{\partial t} + u \frac{\partial C_k h}{\partial x} + v \frac{\partial C_k h}{\partial y} = i_k C_* \quad (2)$$

(3) x 方向 (流下方向) の流水の運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho h} \quad (3)$$

(4) y 方向 (横断方向) の流水の運動方程式

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho h} \quad (4)$$

(5) 河床変動の式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = 0 \quad (5)$$

ここに、 h : 流動深、 u : x 方向の流速、 v : y 方向の流速、 C : 土砂濃度、 $H=h+z$ 、 z : 河床位、 t : 時間、 i : 侵食・堆積速度、 ρ : 間隙流体の密度、 C_* : 河床堆積物の体積濃度、 τ_x 、 τ_y : x 、 y 方向の河床せん断力である。

3. シミュレーション

石原地区の地形条件は写真 2 の位置を計算開始点として、図 1 の様に現地調査時に測量した標高並びに川幅を元に作成した。赤線実線部 (約 1km) を一次元計算領域として、青の 400m 四方の正方形領域を二次元計算領域とした。災害前後の航空写真の比較から、計算開始点においては 10, 100m³、一次元領域最下流端では 34, 100 m³ の土砂移動が推定される。そこで、一次元領域においては移動可能な堆積土砂を 24, 000 m³ と設定した。いずれの土砂量も空隙込である。供給ハイドログラフは、図 2 の様に設定した。

最初の 200 秒間で、流入した 10, 100m³ を砂防基本計画策定指針³⁾ に記された土砂濃度やピーク流量を求める式から、200 秒間の三角形のピークで供給した。



写真 2 : 計算開始点

Keyword : 平成 21 年 7 月 山口県防府、土石流、数値シミュレーション、汎用土石流シミュレータ、KANAKO

連絡先 : 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町、Tel: 075-753-6493 Fax: 075-753-6088

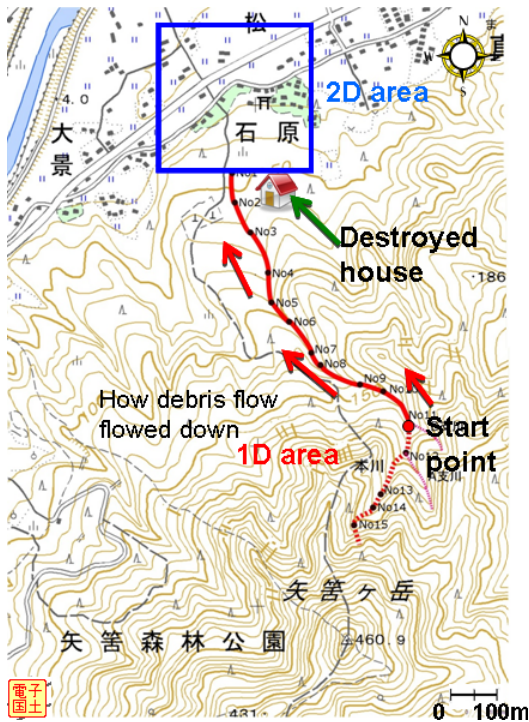


図1：シミュレーションに用いた石原地区

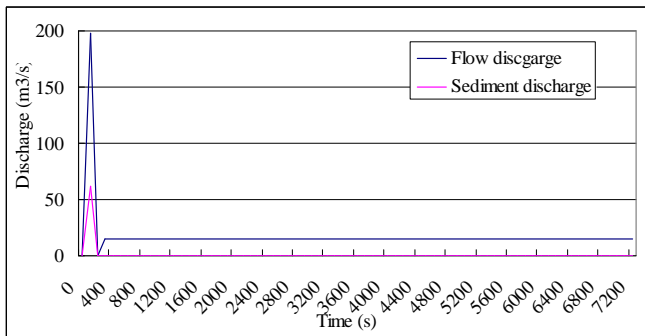


図2：供給ハイドログラフ

表1 数値計算に用いた各パラメータ

パラメータ	数値
計算時間(秒)	7200
計算の時間間隔(秒)	0.01
粒径(m)	0.55
砂礫の密度(kg/m ³) σ	2550
流動層密度(kg/m ³) ρ	1180
河床の容積濃度	0.6
重力加速度(m/s ²)	9.8
侵食速度係数	0.0007
堆積速度係数	0.05
マンニングの粗度係数(s/m ^{1/3})	0.03
一次元領域の計算点个数	60
一次元領域の計算点間隔 (m)	15
二次元領域の計算点个数	60 × 60
二次元領域の計算点間隔 (m)	6.7 × 6.7

200 秒後から計算終了時 (7200 秒) まで後続流として水のみを 15 m³/s を供給して、一次元河床に設定した移動可能

土砂が侵食されるようにした。その他のパラメータは表 1 の様に設定した。

4. 結果・まとめ

KANAKO を用いて計算を実施することで、山口県防府石原地区で発生した土石流災害とよく対応した計算結果を示すことができた。一次元領域では侵食によって土石流が発達して、二次元領域においては実災害と近い流動・堆積過傾向が確認された。また、一次元領域の下流端付近において、堰堤を設置していれば、被災した家屋におけるや集落における被害も小さくなった可能性が示唆された。

一方で、山口県防府における土砂災害においては、大礫も存在した一方で、緩勾配領域まで流動した流れにはマサ土の様な細かな土砂が多量にみられている。このような流れについても今後検討していきたい。

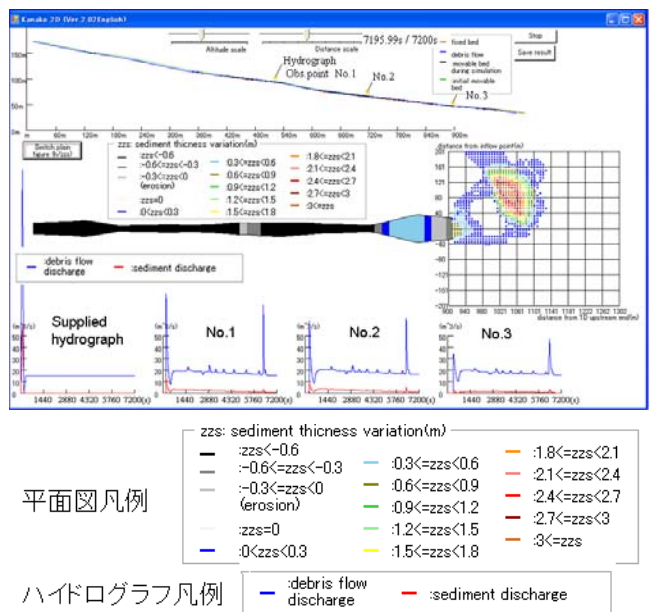


図3：計算終了時の計算結果 (実災害)

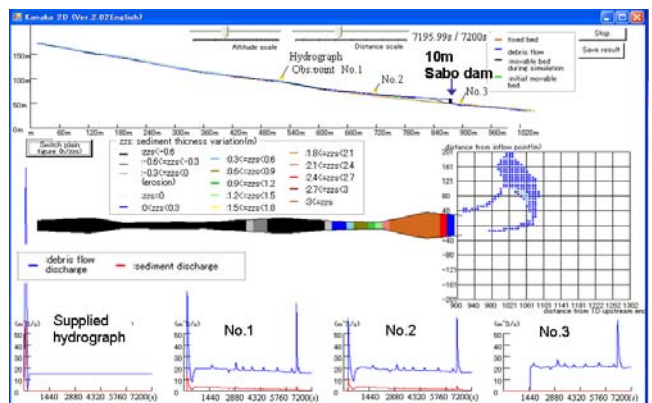


図4：計算終了時の計算結果 (砂防堰堤設置)

(参考文献)

- 1) 中谷加奈ら (2008) : GUI を実装した汎用土石流シミュレータ開発, 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集
- 2) 里深好文ら (2005) : 砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算, 砂防学会誌, Vol. 58, No. 1
- 3) 国土交通省 (2007) : 砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策)