

2009年7月防府市真尾・石原地区において発生した土石流の流出特性

九州大学大学院工学府

○黒田 佳祥

九州大学大学院工学研究院

橋本 晴行

八千代エンジニアリング(株)

永野 博之

九州大学大学院工学府

池松 伸也

九州電力(株)

宮崎 遼

九州大学大学院工学府

三好 朋宏

1. はじめに

2009年7月21日、山口県内において活発な梅雨前線により大量の雨が降り、防府市を中心に土石流が多発した。特に真尾地区では老人ホームに土石流が直撃し、7名の入居者が亡くなられた。当日の降雨は時間雨量で2回の降雨ピークがあり、総雨量は真尾で266mmを記録した。本研究は真尾・石原地区を対象に現地調査、土石流の流動・氾濫シミュレーションを行い、土石流の流出及び氾濫について明らかにしたものである。

2. 現地調査

2.1 真尾・石原地区の概況

真尾・石原地区の土石流流下河道の流域図を図-1、図-2に示す。真尾地区では真尾川の支川の上田南川で土石流が発生した。上田南川の流域面積は約1.0km²、石原A、Bは約0.3km²、石原Cが約0.1km²である。真尾では流域内において複数の箇所において崩壊が起き、土石流となって老人ホームに流れ込んだ。流域内には砂防施設は整備されておらず、治山えん堤が存在していたが袖部を残して破壊されていた。図-3に真尾地区

における土石流流下後の縦断方向の河床高と流路幅を示す。崩壊地B、Cからの支川の合流地点から綾ヶ峠付近までは侵食が目立ち、綾ヶ峠より下流では河床が侵食された後に土砂が堆積している箇所が確認出来た。石原地区では3本の土石流流下河道が確認され、石原A、Bは下流で大量の土砂が氾濫・堆積していた。

2.2 ピーク流量の推定

真尾・石原地区の土石流を層流タイプ（石礫型）と考え、流速係数 $\phi=5$ と仮定し、各断面において等流条件のもとで、ピーク流量を算出した。計算結果を表-1に示す。真尾は断面No.5、石原BはNo.10の断面の計算結果である。表-1より、真尾と石原Cよりも、石原A、Bの方がピーク時の規模の大きい土石流であったことが分かった。砂防学会²⁾の調査でも真尾の綾ヶ峠付近で213~288m³/sのピーク流量であることが指摘されており、本調査で得られた値と近い値であった。また現地調査の状況から石原A、Bの土石流は真尾や石原Cと比較すると河道が大きく侵食されており、下流への流出土量も多いものと推測された。

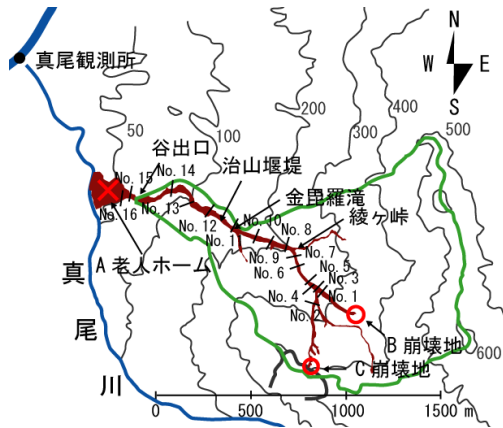


図-1 真尾地区

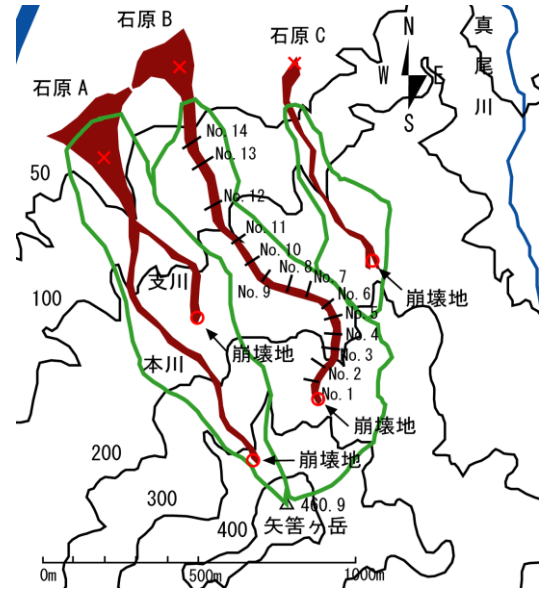


図-2 石原地区

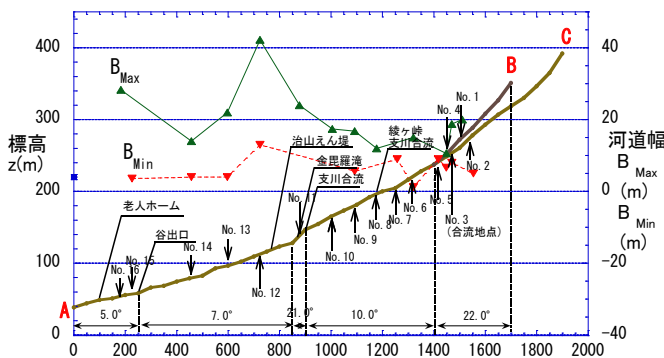


図-3 土石流流下後の縦断方向の河床高と流路幅¹⁾

表-1 痕跡水位から推定されたピーク流量と流速

	断面積(m ²)	水深(m)	勾配(°)	流量(m ³ /s)	流速(m/s)
真尾	19.8	2.2	12.5	214	10.8
石原A	51.0	6.0	8.2	738	14.5
石原B	49.5	5.5	8.7	707	14.3
石原C	19.7	5.2	11.1	309	15.7

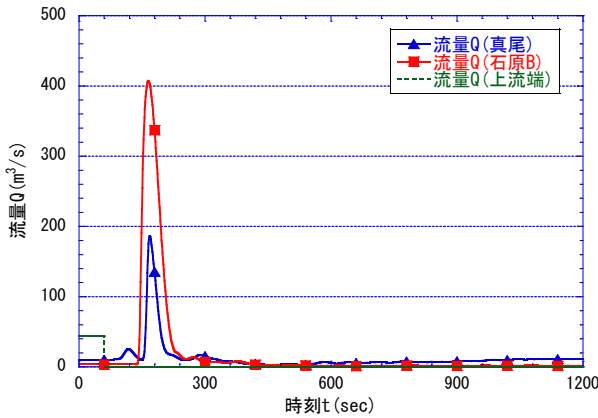


図-4 下流端における流量の時間変化（真尾，石原 B）

表-2 下流端におけるピーク流量，流速，水深，流砂濃度

	ピーク流量(m ³ /s)	流速(m/s)	水深(m)	流砂濃度
真尾	186	6.5	4.4	0.22
石原A	574	8.0	13.9	0.40
石原B	407	8.1	9.0	0.36
石原C	108	6.1	5.2	0.35

3. 1次元流動シミュレーション

3.1 基礎式と計算条件

真尾・石原地区で発生した土石流の1次元流動シミュレーションを行った。流路断面は長方形で近似し、側岸は直立を保ったまま水平方向に侵食され、侵食土砂は側方流入として流れに取り込まれるとした。また、河床は条件により侵食または堆積するものとした。基礎式は非定常の運動方程式と全相・固相における連続式、河床の侵食速度式を用いた。侵食速度式は高岡により提案された式を用いた³⁾。境界条件として、上流端で崩壊土量を一定の流砂濃度0.4で60秒間与えた。崩壊土量は真尾，石原A，Bで1500m³，石原Cで500m³とした^{1), 2)}。計算条件は平均粒径d=30cm，流速係数φ=5，土塊の最密充填濃度C_{*}=0.7とした。また初期の流路幅は笠井の式から求められる値とし，時間刻み幅をΔt=0.25秒，空間刻み幅をΔx=25mとした。

3.2 計算結果

図-4に真尾，石原Bの下流端における流量の時間変化を，表-2に真尾・石原地区で発生した土石流の下流端でのピーク流量と流速，水深，流砂濃度を示す。シミュレーションからも真尾・石原Cよりも石原A，Bの規模が大きかったことが確認出来た。下流端における流出土量においても真尾が3000m³程度であるのに対し，石原A，Bはそれぞれ17000m³，11000m³であり，石原では大量の土砂が下流に流出する結果となった。

4. 2次元氾濫シミュレーション

4.1 基礎式と計算条件

石原Bにおいて，1次元流動シミュレーションに得られた流量・流砂濃度・水深を境界条件として与え，2次

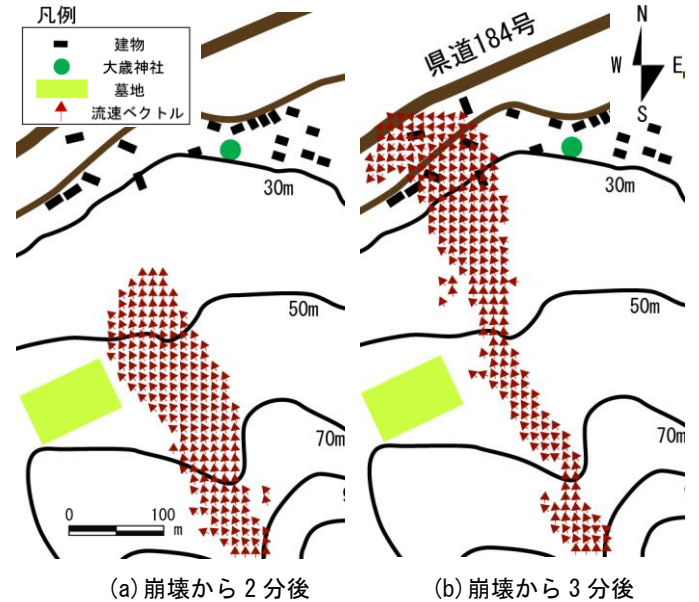


図-5 崩壊から2分後と3分後の流速ベクトル図（石原B）

元氾濫シミュレーションを行った。基礎式は運動方程式と全相・固相における連続式，河床の侵食速度式を用いた。また時間刻み幅をΔt=0.1秒，空間刻み幅をΔx=Δy=10mとし，計算条件は1次元流動シミュレーションと同様の値を用いた。

4.2 計算結果

図-5に土石流の流速ベクトルの方向を示す。流速ベクトル図から下流に流出した土砂が下流の建物を巻き込みながら西側に広がっていく様子が確認出来た。土石流は土砂を堆積させながら流下し，下流の集落において最大で70cm程度の堆積を生じていた。石原Aでも同様に土砂流出による氾濫が起きていることから，石原地区では広範囲に渡って土砂が流出し氾濫・堆積したことが分かった。

5. おわりに

本研究では2009年7月に防府市で発生した土石流の現地調査・シミュレーションを行い，現地調査・シミュレーションともに真尾地区より石原地区の方がピーク流量・流出土量大きいことが確認された。また石原Bの氾濫シミュレーションより，土石流が下流で西側に広がりながら氾濫・堆積することが確認された。

謝辞：シミュレーションについては，名古屋大学の高岡広樹氏に助力を受けた。また，本研究は，一部，科学研究費（代表，山口大学 羽田野袈裟義教授）の補助のもとに実施した。

参考文献：1) アジア航測(株)：平成21年7月中国・九州北部豪雨災害，2009。2) 古川浩平他9名：2009年7月21日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告，砂防学会誌，Vol. 62, No.3, p.62~73, 2009。3) T. Takaoka, H. Hashimoto and M. Hikida: Simulation of landslide-induced debris flow- The Atsumari debris flow disaster in Minamata City, Japan, Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, Proceedings of Fourth International Conference, pp.353-363, 2007。