九州大学大学院工学府	福岡	尚樹
九州大学大学院工学府	池松	伸也
国立研究開発法人土木研究所	高岡	広樹
東京理科大学理工学部	永野	博之
九州大学大学院工学研究院	橋本	晴行

1. はじめに

2014 年 8 月 20 日未明,広島市では局地的かつ記録的な豪雨に見舞われ,多くの土石流危険渓流で土石流 が発生し,死者 74 名の大災害となった.特に,安佐南区八木 3 丁目の上山川で発生した土石流は複数の谷筋 で発生した土石流が上山川へと流入し,下流の県営緑ヶ丘住宅を 3 回にわたって襲った¹⁾.本研究の目的は, 甚大な被害が発生した広島市安佐南区八木地区上山川で発生した土石流を対象として,現地調査,資料収集 の結果をもとに,土石流の数値シミュレーションを実施し,合流を伴った土石流の流動特性を明らかにする ことである.

2. 被災した渓流の概要と現地調査

上山川は県営緑ヶ丘住宅の北に位置する阿武山を 流れる土石流危険渓流である.流域面積は約 0.23ha, 崩壊地から谷出口までの距離は約 1km である.著者ら は 2015 年 3 月 11~12 日に土石流の発生した渓流の調 査を実施した.調査項目は河道の断面形状および河床 勾配と側岸の植生である.調査を行った渓流の平面図 と縦断図を図-1 に示す.植生の調査では直径 5cm 以上 の樹木を対象に, 10m 四方の本数・直径・樹高を計測 した.調査範囲内には 39 本の樹木が存在した.根元か らの分岐を有する樹木が多く,分岐した本数を含める と 70 本の樹木が存在し,平均直径 8.6cm,樹高は約 10.6m であった.

3.1次元流動シミュレーション

3.1 基礎式と計算条件

標高 z(m) 300 200 500 土砂流出範囲 400 100 n 建築物 本川 0 400 本川 25.1 支川1 300 断面 1 200 支川2 支川1 合流部2 支川2 x=600(m) 合流部1 断面1 200 400 幅約9m 30.2° 断面 2 100 x(m) 断面 3 断面2 <u>約10.4</u>° 600 幅約9m 谷出口 x=1000(m) 断面4 約16.4 幅約13m 植生調査 15.0 800 約11.3 断面4 県営緑ケ丘住宅 幅約25m 0 250 m 1000

図-1 上山川の平面図および縦断図

本シミュレーションでは図-1の本川源頭部 x=0(m)地点から谷出口 x=1000(m)地点までを計算対象区間とし, 支川1,2で発生した土石流の合流を考慮した.ただし,支川1と本川との合流地点までの水平距離は約220m, 支川2と支川1との合流地点までは約110mである.土石流の流れを開水路非定常1次元漸変流として計算 し,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・側岸の侵食速度式である^{2.3)}.さらに, 永野らの研究⁴⁾をもとに,流路は長方形断面で近似し,側岸は直立を保ったまま水平方向へ侵食され,侵食 土砂は側方流入として即座に流れに取り込まれるとした.初期条件として河床高,川幅を与えた.初期川幅 は,各河道地点における流域面積をもとに評価した⁵⁾.初期洪水流量は,合理式により評価し,河道に沿っ て横流入させた.境界条件として,上流端における上流端で崩壊土砂量を一定の流砂濃度0.3 で 60 秒間与え た.崩壊発生時刻は目撃証言を参考にして仮定した.崩壊土砂量は各河道で1,600m³とした.空間刻み幅は 10m,時間刻み幅は0.05 秒とし,基礎式の差分化はMacCormack法で行った.合流地点(x=x_T=600m)では,左 岸より合流する支川の流量を,x=x_T~x_T+ Δ xの区間において,単位長さあたりの横流入量とみなした.

3.2 シミュレーション結果

各地点の崩壊土砂量を 1,600m³と想定すると、約 32,000m³の流出土砂が得られた. 現地では約 33,000m³

の流出土砂が発生したと言われている¹⁾.本川で発生した土石流は、側岸・河床を侵食して流量を増しなが ら流下した.表-1に求められた谷出口における土石流の特性を示す.ピーク流量約410m³/sec,流速14m/sec 水深4m流砂濃度0.66と見積もられた.図-2に本川崩壊地点(x=0m),合流地点(x=600m),谷出口(x=1000m) におけるハイドログラフを示す.土石流は流量を増しながら河道を流下し,各時刻に谷出口へと到達した. 本川で発生した土石流の流量は、谷出口へ到達するまでの間に初期流量の約7倍まで増加した.表-2に各河 道で発生した土石流の流路延長,ピーク流量,平均速度を示す.支川1,2で発生した土石流のピーク流量は、 本川のそれと比べて小さい値が得られた.これは、流下距離が短かったためであると考えられる.図-3に土 石流発生前後の川幅を示す.土石流の発生前に最大3mであった川幅は3回の土石流の通過を経て、少なく とも5mから最大約30mまで拡大した.特に、合流後の河道の川幅は合流前のそれと比べて大きく侵食され た.川幅のシミュレーション結果は現地調査結果と概ね一致した.また、現地では土石流の流下途中で10m 近い水位痕跡¹¹が残されていたことや、谷出口では住宅の1階部分に被害が集中していたことも、シミュレ ーションの結果と概ね一致した.以上を踏まえ、数値シミュレーションの結果は概ね妥当であったと考えら れる.図-4に土砂・流木の収支を示す.流出土砂の多くが側岸の侵食によって生じた.また、侵食を受けた 側岸の面積と2章で述べた現地調査の結果をもとにして、流出流木の実質量は310m³程度と見積もられた.

4. おわりに

本研究では上山川で発生した土石流の1次元流動シミュレーションを実施し、支川からの合流を伴う土石 流のピーク流量,流速,水深,流砂濃度などの流動特性ならびに土砂・流木量の収支を明らかにした. 参考文献:1) 土木学会・土木学会中国支部・地盤工学会:平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告 書,2014.2) 高岡広樹,九州大学博士論文,2006.3) H. Takaoka et al. DFHM4, pp.353-363,2007.4) 永野博之, 九州大学博士論文,2012.5) 橋本晴行他7名,水工学論文集,第45巻,2001.



図-3 土石流発生前後の川幅

表─1 求められた谷出口での土石流の	特	忹
--------------------	---	---

ピーク流量(m ³ /sec)	流速(m/sec)	水深 (m)	流砂濃度
410	14	4.0	0.66

表-2 各河道における土石流の特性

	本川	支川1	支川2
崩壊発生時刻	3:30	3:35	4:00
距離(m)	1,000	610	520
ピーク流量(m ³ /sec)	410	320	300
平均速度(m/sec)	10	8.7	8.7

