

平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川の土砂流出現象再現の試み

国土技術政策総合研究所 泉山寛明 山越隆雄
京都府立大学 高濱淳一郎

1. はじめに

短期土砂流出現象に対する対策計画を立案する上では河床変動計算技術が有用である。計画で対象とする現象は既往最大の出水イベントやリターンピリオド 100 年程度以上の出水を計画規模として設定して土砂流出現象の予測を行うことになり、適切に現象を表現できるモデルを利用することが望まれる。一方で、大規模な出水イベントは河床変動計算による再現が困難な場合がある。モデルの精緻化が一定程度進んでいる現状では山地河川でのデータ取得の困難さから境界条件、初期条件の設定が十分な確度でできないことが最も大きな理由と考えられ、現状では再現性に限界があることを許容し、計画立案に活用するのが現実的と考えられるが、どの程度の再現性が得られるかは事例の蓄積が必要である。本稿では現地で得られたデータを活用して当時の現象を河床変動計算でどこまで再現できるかを明らかにし、今後の課題を整理するものである。

2. 計算方法

赤谷川流域では流域内で大量の土砂（空隙込みで約 290 万 m^3 ）が生産され、長距離流動して筑後川本川へは空隙込みで 68 万 m^3 の土砂が流出したとされる¹⁾。精緻なモデル^{2) 3)}が提案されているが、ここでは土石流の流下・堆積現象を計算した後（以下、土石流計算）、河床から掃流砂・浮遊砂が発生すると仮定して計算（以下、掃流砂・浮遊砂計算）を行うこととした。土石流計算では、水位痕跡が初期河床から数 m ほどであることと堆積土砂の粒径が数 mm 程度であることから相対水深が大きく、乱流状態の泥流³⁾で清水乱流の抵抗則が使用できると仮定した。ただし実際の計算では Manning 型の抵抗を与えている。侵食・堆積速度式は江頭らの式、高橋の式を用いた。高橋の式を用いる場合の侵食・堆積速度係数は Takahashi⁴⁾がネバドデルルス火山の泥流の再現計算に使用した値（それぞれ 0.0001, 0.0001）を使用した。便宜的に水の密度 ρ は 1.2 g/cm^3 と仮定した。掃流砂・浮遊砂計算では掃流砂量式として芦田・道上式⁵⁾、浮遊砂の基準面濃度式として芦田・道上式⁵⁾を用いた。

計算河道は乙石川の大規模崩壊地直下～赤谷川下流を本川河道とみなし、支川からの土砂・水の流入を考慮

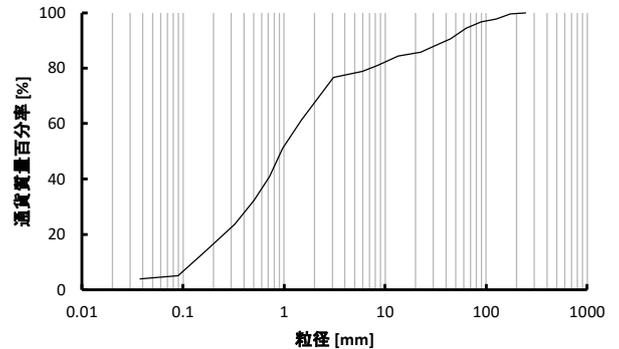


図 1 供給土砂の粒径分布

（湧き出し）した計算とした。河道幅は乙石川では災害後に取得した LP から分かる最大流下幅とし、赤谷川下流では一律に 30m とした。赤谷川下流では土砂・水が横断方向により広く氾濫していて 30 m は一見過小であるが、2 次元的に氾濫が生じていて 1 次元の土石流計算でこの氾濫の最大幅を取るとは議論の余地があると考えている。掃流砂・浮遊砂計算は土石流計算後の河床位を与えた。土石流計算時に給砂する土砂の粒径分布、両計算時の河床材料の粒径分布は図 1 で示す災害時に堆積したと想定される分布が一様にあるとして便宜的に与えており、どのように粒径分布を設定するかは今後の課題である。本図から例えば相当粗度を $2d_{50}$ や d_{90} として Manning の粗度係数 n を計算するとかなり小さな値となるため便宜的に $n=0.04$ としている。

土石流計算時のハイドログラフは分布型流出計算で計算されたもの（7月5日16時～7日24時）を与えている。セディグラフは供給地点の河床勾配と高橋の平衡土砂濃度式（ $\rho=1.2 \text{ g/cm}^3$, $\phi=34$ 度）から得られる濃度で与え（5日17時以降）、長時間与え続けることは無理があると考え、実際に河道に供給された量¹⁾に等しくなるまで与えた。なお8日～16日（災害後のLP取得最終日）の間も小規模な降雨があるが、この期間における河床変動、流出土砂量の計算は今後の課題である。掃流砂・浮遊砂計算時は土石流計算時と同じハイドログラフであるが、水のみを与えた。

3. 計算結果および考察

図 2 は土石流計算実施後の河床位の結果である。土石流計算の時点で筑後川の合流点にかけて土砂の堆積

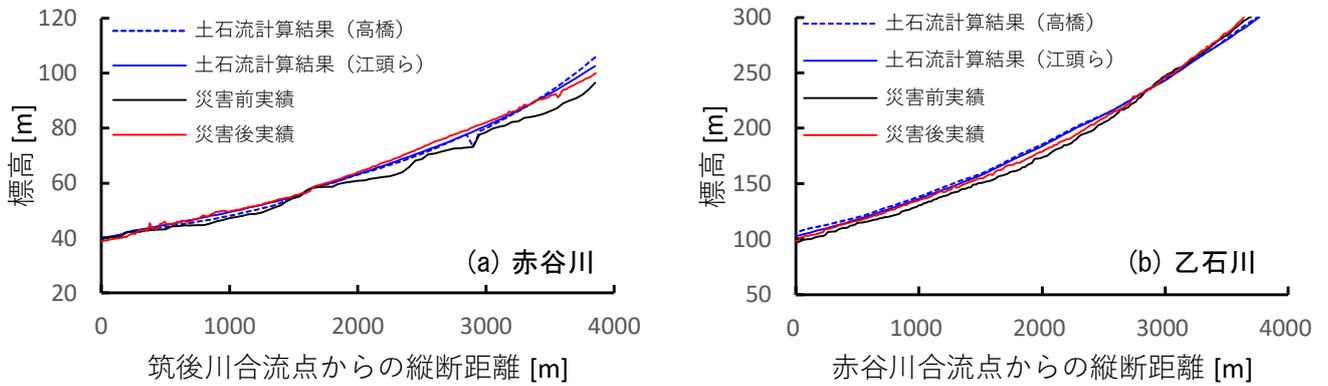


図2 土石流計算実施後の河床位

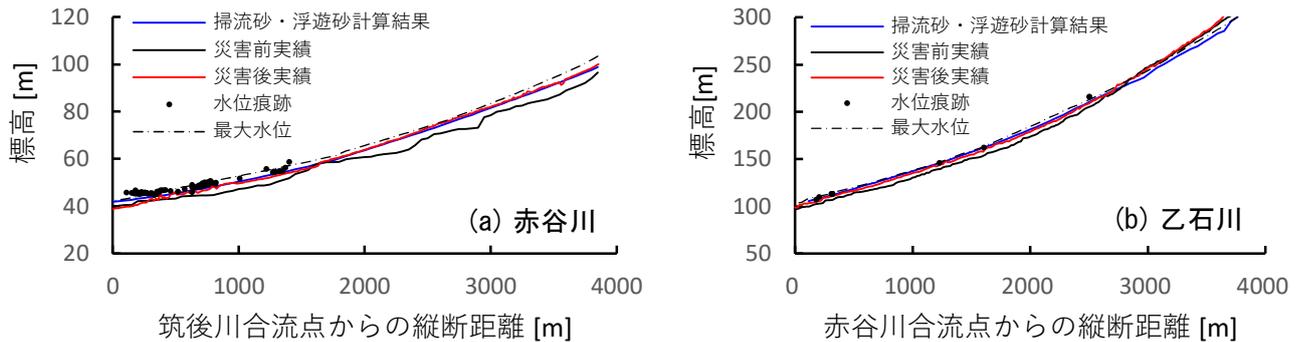


図3 掃流砂・浮遊砂計算実施後の最大水位，河床位

が進んでいる結果となっている。乙石川では赤谷川合流点から約 2,900 m の地点にかけては災害後実績の河床位より高い位置に河床位があり、例えば約 2,000m 地点では 187.2 m (計算), 178.9 m (実績) である。

図3 は掃流砂・浮遊砂計算実施後の河床位および最大水位の結果である。最大水位は概ね水位痕跡と同じ位置にある。なお、筑後川合流点から 1,400 m 地点より上流側にも水位痕跡データがあるが、LP データとの比較からかなり高い位置にあったため示していない。図3(a), (b)の赤谷川、乙石川の結果を見ると、土石流・土砂流の堆積後に掃流砂、浮遊砂による河床変動が進みより災害後実績の縦断形状に近づいている。ただし乙石川では例えば赤谷川合流点から約 2,000m 地点では 183.7 m (計算) と土石流計算時から 3m 近く河床低下がおきているものの災害実績よりも高い位置にある。これは、土石流計算の境界条件として平衡濃度式で土砂を与え続けたことが影響していると考えられる。

土砂収支(空隙込み)としては、計算河道に投入した土砂量は乙石川、赤谷下流でそれぞれ約 112 万 2 千 m³、約 18 万 3 千 m³ である。掃流砂・浮遊砂計算後の計算河道上の堆積土砂量はそれぞれ約 75 万 9 千 m³、約 36 万 8 千 m³ である。乙石川、赤谷下流から流出した土砂の総量はそれぞれ約 32 万 m³ (実績¹) で 85 万 m³、約 19 万 5 千 m³ (実績¹) で 68 万 m³ であった。

4. おわりに

本検討は平成 29 年 7 月の九州赤谷で起きた土砂移動現象の再現を試みたものである。各種条件設定に選択の余地があり、流出土砂量の再現性は低い水位、河床の縦断形状は概ね災害後の実績に近い結果を得ることができた。境界条件・初期条件には見直しの余地がある。将来的な現象発生に備えて、これら条件を適切に与えられるような現地での実測データの取得・蓄積方法を検討するのが急務である。

謝辞

現地のデータを提供頂いた九州地方整備局の関係者の方々には心より御礼申し上げます。また本検討を実施するにあたりデータの整理等をいただいた建設技術研究所の高橋佑弥様、議論いただいた皆様に深謝申し上げます。

参考文献

- 九州地方整備局：筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会報告書, 2017
- 渡部ら：土石流の構成則に基づく掃流砂量式と構造物における水深・流量関係を用いた砂防堰堤を含む 1 次元解析法の試み, 令和元年度砂防学会研究発表会概要集, p.139-140, 2019
- 宮本：土石流の流動メカニズム(3), 砂防学会誌, Vol.45, No.6, p.42-49, 1993
- Takahashi, T: Debris flow, 165pp., Balkema, 1991
- 芦田ら：21 世紀の河川学, 265p., 京都大学学術出版会, 2008