

土石流発生時のハイドログラフが土石流計算結果に及ぼす影響

(株) 建設技術研究所 ○西口幸希

(株) 建設技術研究所 長井 斎

国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田太郎

京都大学大学院 農学研究科 水山高久

1. はじめに

土石流による被害を再現・予測するうえで、数値計算が広く用いられてきている。数値計算手法の開発・改良にあたっては、既存の災害実績を再現することにより、その妥当性について検討が行われてきた¹⁾。また、災害の機構や過程を明らかにする目的でも、数値計算が用いられてきている²⁾。これまで実施されてきた土石流の流下・氾濫に関する数値計算の多くは、計算区間を設定し、その上流端にハイドログラフ、セディグラフを与え、土石流の流下、氾濫、侵食・堆積状況を計算するものである。

しかしながら、土石流の発生機構は複雑であり、土石流の発生直後のハイドログラフ等を予想することは難しい。既往の土石流被害に関する再現計算を行う際でも、調査により、総流出土砂量についてはある程度推定できるものの、その土砂が1波で流出したのか？、複数波に分かれて流出したのか？、複数波の場合、何波だったか？、土石流の継続時間はどの程度か？河道閉塞が生じたか？等については十分な調査例はほとんど無く、不明な場合が大半である。このようなことから、従来の土石流の再現計算や予測計算では、1波の土石流であったと仮定して計算が行われている場合が大半である。一方で、計算上流端の水や土砂の供給条件が計算結果に及ぼす影響についてはあまり検討されてきていない。そこで本研究では、上流端のハイドログラフの継続時間や土石流の流下回数、2回とした際に各々の規模が異なる場合や、天然ダム形成・決壊が生じた場合を想定し、供給条件が計算結果に及ぼす影響を検討した。

2. 手法

2.1 概要

2003年に水俣市集川で深層崩壊に起因して発生した土石流を対象とした。数値計算は、西口ら³⁾による深層崩壊に起因する土石流の数値計算モデルおよび手法を用いた。

2.2 入力条件

(1) 土石流ケース

土石流の標準ハイドログラフは、西口ら³⁾が、集川の深層崩壊に起因する土石流の再現計算で用いたものとした。これは、ハイドログラフの総流出量(土砂+水)は、崩壊土砂量(空隙込みで 21,350m³)とし、計算区間上流端の土石流の先頭と末尾の長さが崩壊地の長さと同じと仮定して求めた1つの三角形のハイドログラフである。この継続時間は10秒、ピーク流量は4,270 m³/sであった。さらにここでは、総量が同じで、①継続時間が異なる(標準の0.5倍、2倍、10倍、20倍、50倍)場合、②標準ケースと同じ継続時間(10秒)の土石流が10秒間隔で複数回(2回、5回、10回)発生した場合(このケースでは、各回の規模は等しいと仮定した)、③標準ケースと同じ継続時間の土石流が2回流下し、1回目と2回目の規模が異なる(1回目と2回目の総量比が5:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:5)場合を想定した。③では1回目の土石流の流下10分後に2回目の土石流が発生するとし、以上の計14ケースのハイドログラフを設定した。

(2) 天然ダムケース

天然ダムは崩壊地末端部に形成したものとした。天然ダムの土砂量は崩壊土砂量、天然ダム部の河道幅は崩壊地末端部の平均土石流流下幅(40m)、天然ダムの縦断方向の長さは崩壊地の平均幅(70m)とした。このとき、天然ダムの高さは15mである。天然ダムは越流決壊を想定し、決壊時の流入流量は、水俣市深川観測所の崩壊発生時付近の最大10分間雨量(26mm)より流出率1.0として求まる流量(30m³/s)と10m³/sの2ケースを設定した。

3. 結果

土石流のケースはいずれも、計算結果のピーク流量は、崩壊地から約700m区間では概ね標準ケースよりも小さかった。ただしその下流では、「継続時間(10倍)」「2波(1:5)」のケースで概ね大きくなり、谷出口付近(約800m地点)では標準ケースの1.4~1.9倍であった(図-1(a))。ハイドログラフの継続時間についてみると、標準ケースの0.5倍、2倍の場合は標準ケースとの差は小さく、ある程度以上継続時間が短くなっても、ピーク流量が増加しない(上限値のようなものが存在する)可能性が考えられる。さらに崩壊地から約500mの下流では、継続時間を10倍にしたケースとも差が小さくなった。総流出量については、崩壊地から約400m区間はいずれのケースもほとんど変わらないが、その下流では差が生じ、「継続時間(10倍)」「2波(1:5)」のケースが標準ケースよりも大きかった(図-1(b))。上流端の総流出量が同じであっても、ハイドログラフの形状が異なることによって下流では1~3倍程度変化する結果であった。さら

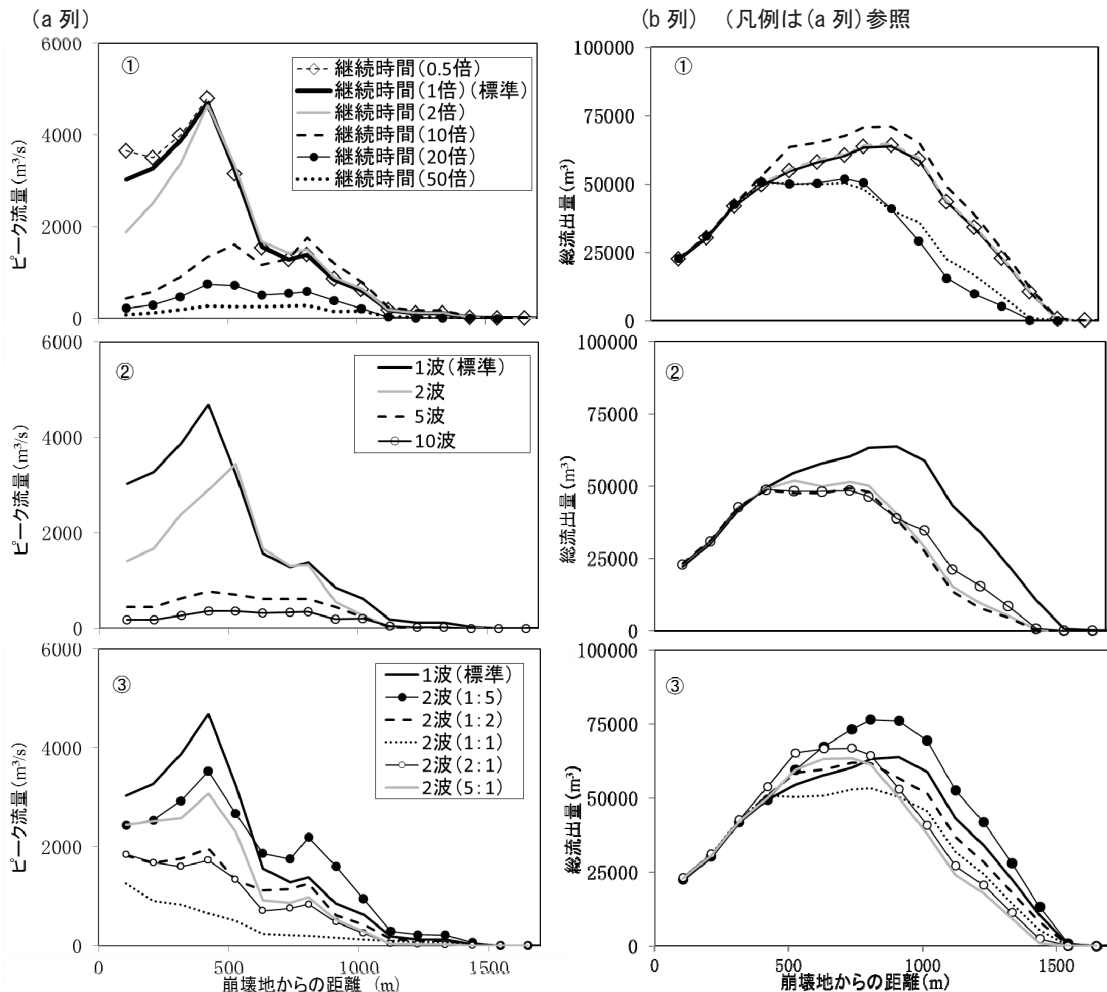


図-1 土石流ケースの計算結果 ((a列) ピーク流量, (b列) 総流出量
①は継続時間、②は土石流回数、③は2波の土石流規模の割合が異なる)

に、天然ダムケースでは、流下に伴う流量の低減が小さく、1.4~1.5km 地点付近では、天然ダムケースと土石流ケースではほぼ同じピーク流量となった。なお、今回の計算では、天然ダム地点の勾配が15度と比較的急なため、湛水量が小さく、計算結果のピーク流量は100m³/s程度以下と小さくなったものと考えられる(図-2)。

4. まとめ

得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 崩壊土砂量が同じでも、土砂供給のタイミングや発生機構によって、ピーク流量・総流出量に違いが生じた。
- (2) 全般に、継続時間が短くてピーク流量が大きい供給条件で、下流のピーク流量・総流出量が大きくなったが、崩壊地から約500mより下流では、継続時間を100秒程度変化させても結果の差が小さかった。これより、被害推定を行う場合、1波の土石流を、ある程度以下の継続時間で想定すれば、実務上安全側の評価ができると考えられる。
- (3) 一旦天然ダムが形成されるとした場合、流下に伴う流量の低減が比較的小さいことから、下流の保全対象の被害推定を行う際は、土石流だけでなく天然ダム決壊による被害も想定することが重要であると考えられた。

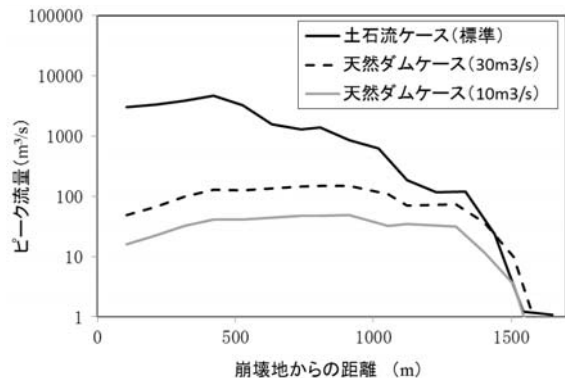


図-2 土石流と天然ダムケースのピーク流量

【参考文献】1) C. Wang, S. Li and T. Esaki(2008), Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, pp.47-58, 2) 江頭進治・伊藤隆郭(2004), 日本流体力学会数値流体力学部門 Web 会誌, Vol.12, No.2, pp.33-43 3) 西口幸希・内田太郎・石塚忠範・里深好文・中谷加奈・水山高久(2012), 第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.167-172