

熱海市流域における土石流に関する数値解析

立命館大学理工学研究科 ○古株俊輔

立命館大学理工学部 里深好文, 藤本将光

Hyper KANAKO 研究会 岩浪英二

1. 背景及び目的

近年, 気候変動の影響により短時間強雨の発生頻度が増加しており, 日本各地で土砂災害が頻発している. 特に山地が多く急峻な地形を有する地域では, 土石流が短時間で市街地へ到達する危険性が高い. 令和3年7月の静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土石流災害では, 上流域で発生した土砂が急勾配の河道を流下し, 下流市街地に甚大な被害をもたらした. 熱海市内には土石流危険渓流が多数存在しており, 上流の山地と下流市街地が近接している. このような地域では, 既存の砂防施設が整備されているものの, 砂防計画を上回る降雨が発生した場合には下流市街地への影響が生じる可能性がある.

本研究は, 熱海市和田川流域を対象として, 既存の砂防施設の砂防計画を上回る降雨が発生した場合の下流市街地への影響を把握するとともに, 砂防施設の土砂流出抑制効果について検討することを目的とする.

2. 解析方法

2.1 対象流域

本研究の対象流域は, 静岡県熱海市を流れる和田川流域 (流域面積は約1.1 km²) である. 上流部は急峻な山地地形, 下流部は住宅地が形成されている.

本流域は, 上流域から市街地までの距離が短く, 流域出口が市街地に近接していることから, 土石流が短時間で市街地へ到達する可能性が高い. また, 上流部には複数の砂防堰堤が整備されている地区である. 図1に対象流域および砂防堰堤の配置と解析領域を示す.

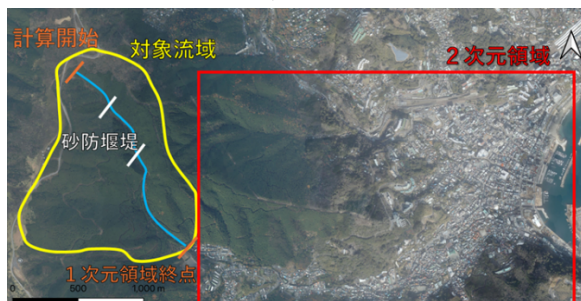


図1 対象流域および解析領域

(地理院地図(簡易空中写真 撮影年月 2019年11月から2020年1月)を加工して作成)

2.2 解析条件

本研究では, Hyper KANAKO¹⁾を用いて土石流の流下およ

び堆積挙動を解析した. 解析には, 静岡県が公表している0.5mメッシュの点群データ²⁾を基に作成した5mメッシュの地形モデルを用い, 和田川流域の上流から下流市街地周辺までを対象として解析を行った. 降雨条件は, 気象庁網代観測所の24時間最大雨量データ(1953-2025年)に基づき, Gumbel分布を用いて100年, 150年, 200年, 400年確率降雨を設定した. 解析ケースは, 降雨規模と砂防堰堤の有無の組合せにより計8ケースとした. CASE1~CASE4はそれぞれ100年, 150年, 200年, 400年確率降雨に対応し, 各CASEにおいて-1は堰堤あり, -2は堰堤なしの条件を示す. 算定した確率降雨量(mm/24h)を基に, 国土交通省土石流対策指針³⁾に基づき, 流域から供給される運搬可能土砂量(m³)を算定した. さらに, 運搬可能土砂量を基に土石流総流量(m³)および土石流ピーク流量(m³/s)を設定した. 土石流の流量条件は, ピーク流量を基に三角形ハイドログラフとして与え, 解析開始後100秒でピークに達し, その後100秒で減少する条件とした. 各CASEにおける確率降雨量, 運搬可能土砂量, 土石流総流量および土石流ピーク流量を表1, 解析に用いた主なパラメータを表2に示す.

表1 降雨条件および土石流流量条件

	CASE1-1	CASE1-2	CASE2-1	CASE2-2	CASE3-1	CASE3-2	CASE4-1	CASE4-2
確率	100年		150年		200年		400年	
堰堤の有無	有	無	有	無	有	無	有	無
確率降雨雨量	358.5		377.5		390.9		423.3	
運搬可能土砂量	85709		90252		93455		101201	
土石流総流量	146930		154717		160209		173488	
土石流ピーク流量	1469		1547		1602		1735	

表2 解析に用いた主なパラメータ

パラメータ	単位	数値
計算時間	s	86400
砂礫の密度	kg/m ³	2600
流体の密度	kg/m ³	1200
砂の内部摩擦角	°	35
河床の容積濃度		0.6
マニングの粗度係数		0.10
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
土石流の平均粒径	m	0.1
土石流流下時の平均川幅	m	10

3. 解析結果

3.1 砂防堰堤の効果

砂防堰堤の土砂流出抑制効果を把握するため、本研究では100年確率降雨を対象としたCASE1に着目し、堰堤あり(CASE1-1)と堰堤なし(CASE1-2)の条件において比較を行った。本解析では、流域上流から下流市街地に至るまでの流出土砂量の時間変化に着目し、ピーク流出土砂量およびピーク到達時間の差を指標として、堰堤の有無による影響を検討した。図2にCASE1における流出土砂量の時間変化を示す。堰堤を考慮した場合にはピーク流出土砂量が低減しており、砂防堰堤による土砂流出抑制効果が確認された。また、ピークに至るまでの時間も遅延しており、土石流の到達時間を延ばす効果があると示された。

3.2 大規模降雨時における効果の低下

砂防堰堤の効果が降雨規模の増大に伴い、どのように変化するかを検討するため、CASE4に着目し、堰堤あり(CASE4-1)と堰堤なし(CASE4-2)の条件において比較を行った。本ケースは計画規模を上回る大規模降雨を想定したものであり、極端な降雨条件下において砂防堰堤の機能がどの程度維持されるかを評価することを目的としている。図3にCASE4における流出土砂量の時間変化を示す。100年確率降雨の場合と比較して、堰堤の有無によるピーク流出土砂量の差は小さく、ピーク低減効果は限定的であることが示された。また、ピークに至るまでの時間についても堰堤の有無による明確な差は見られず、CASE1で確認されたような到達時間の遅延効果はほとんど認められない。さらに、時間変化の傾向も両ケースで類似しており、大規模降雨時には堰堤による流出抑制効果が相対的に低下していることが確認された。

以上より、砂防堰堤は降雨規模の増大に伴い、ピーク低減および到達時間遅延の効果がともに弱まり、計画規模を超える降雨条件においては、土砂流出抑制効果は限定的であると考えられる。

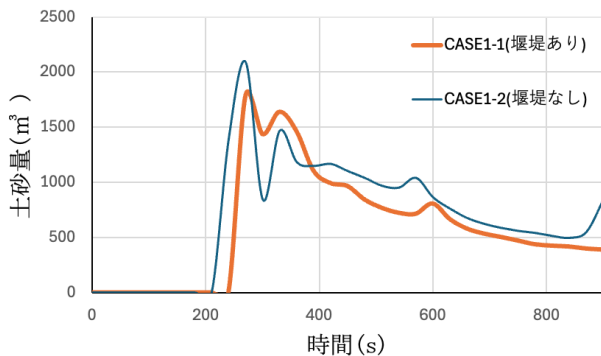


図2 CASE1における流出土砂量の推移

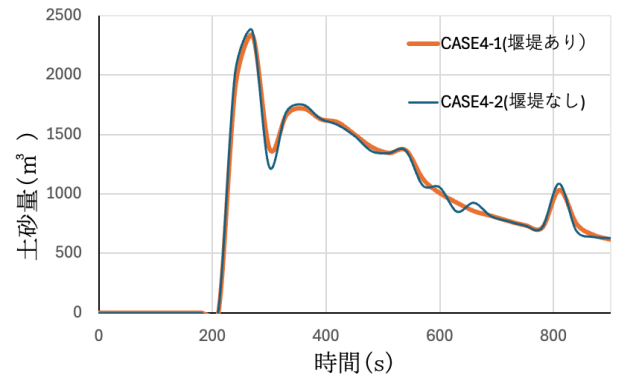


図3 CASE4における流出土砂量の推移

4. まとめ

本研究では、熱海市和田川流域を対象として、砂防堰堤の土砂流出抑制効果について数値解析により検討を行った。その結果、100年確率降雨においては、砂防堰堤の設置によりピーク流出土砂量の低減および到達時間の遅延が確認され、砂防堰堤が土石流の流下過程に対して一定の効果をもつことが示された。

一方で、400年確率降雨では、ピーク流出土砂量および到達時間において堰堤の有無による明確な差は見られなかった。これらの結果より、砂防堰堤は土砂流出の抑制および到達時間の遅延に寄与するものの、降雨規模の増大に伴いその効果は相対的に低下し、計画規模を超える降雨条件では土石流の抑制効果が限定的と考えられる。ただし、今回の検討は大規模の災害時を想定し、実際の溪流の不安定土砂の堆積状況などの現地状況を踏まえたものではなく、実際の現象との乖離がある可能性がある。

5. 今後の課題

本研究では降雨規模と砂防堰堤の有無に着目して解析・検討を行った。実際の土石流挙動には堆積土砂の厚さや土砂供給量など、様々な要因が影響する。今後はこれらを考慮した解析の精度向上に加え、異なる流域への適用や実績災害との比較検証を行い、解析手法の妥当性および再現性の向上を図る必要がある。

参考文献

- 堀内ら：LP データを活用した土石流シミュレーションシステム「Hyper KANAKO」の開発，砂防学会誌64巻6号，pp 25-31，2012
- G 空間情報センター：静岡県点群データ(2021)
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/shizuoka-2021-pointcloud>，参照 2025-09-10
- 国土交通省 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，pp13-28，2025
- 静岡県 基礎調査結果，公文書開示請求により取得