

熱海市逢初川で発生した土石流の土質特性と流動性

東京農工大学 ○石川 芳治、 若原 妙子

1. はじめに

2021年7月3日10時半頃に降雨により静岡県熱海市伊豆山地区を流れる逢初川で土石流が発生・流下し、逢初川沿いにあった家屋等を破壊し、災害関連死を含めて27人の生命を奪い、1人が行方不明になっている(静岡県発表2022年2月20日現在)。ここでは、土石流発生後に崩壊部周辺およびその下流に残っていた土砂を採取して土質試験を行い、その土質特性から崩壊土砂の流動化について検討を行った。

2. 降雨状況

静岡県が設置した熱海雨量観測所(熱海市水口町)において、7月3日10時までの1時間雨量は24mm、24時間最大雨量は260mmであった。24時間最大雨量は盛土がほぼ崩壊前の状態になった2011年以降では最大値であるが、1時間雨量は2016年7月20日に63mmを記録している。また、7月1日0時~7月3日10時までの期間雨量は449mmであった^{1),2)}。

3. 流域および崩壊部の地形

逢初川の流域面積は溪流部の出口付近(住家地区の上流端)で約0.3km²であり、溪床勾配は、溪流部の出口付近上流部で約12.5°、下流部で約10.5°と全体的な変化が少ない(図-1、図-2)。崩壊部より上流の流域面積(集水面積)は約0.04km²と狭い。崩壊する前の崩壊部斜面(縦断)勾配は設定した側線により異なるが約17°~18°であり、崩壊部直下の溪床部の勾配は約12.5°であった。

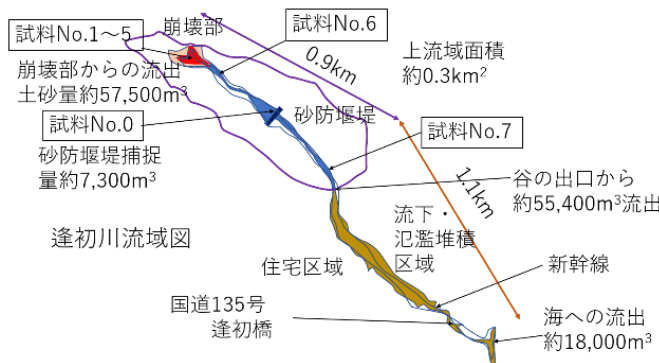


図-1 逢初川流域図と土砂の移動状況および土の試料の採取位置

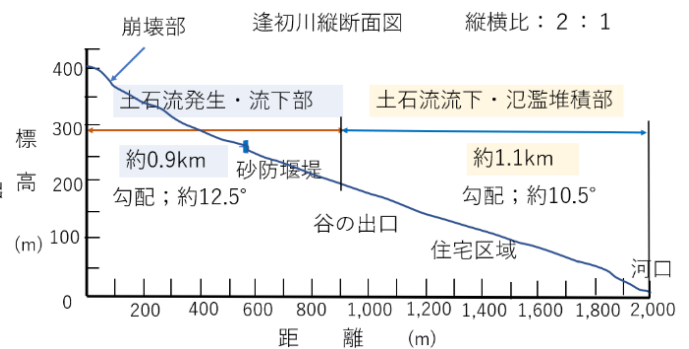


図-2 逢初川縦断面図

4. 崩壊部・流下部における土質特性と崩壊・流動化に与えた影響

4.1 土の試料の採取日と採取位置

土質試験に用いた試料(No.0 および No.1~No.7)の採取位置を図-1 および図-3~図-5 に示す。試料の採取日はNo.0 が2021年7月16日、No.1~No.7 が2021年7月25日である。試料No.0 は砂防堰堤の左岸袖部直上流の堆砂地内の堆積土砂である。

4.2 粒度特性

試料の粒径分布を図-6 に示す。砂分(0.075mm~2.0mm)および礫分(2.0mm以上)の割合が多く、細粒分(0.075mm未満)は少ない。試料毎に多少の変化はあるもののそれぞれの割合には大きな変化はない。

4.3 現地(採取時)含水比、液性限界、飽和含水比

試料の採取時の現地含水比と液性限界および飽和含水比を図-7 に示す。No.1~No.4 は飽和含水比>液性限界>現地(採取時)含水比であり、一方No.5~7 およびNo.0 は液性限界>飽和含水比>現地(採取時)含水比である。No.0 の現地(採取時)含水比が飽和含水比に近いのは、採取時が崩壊発生後13日であり、まだ土に水分が保持されていたためと考えられる。実際、調査時にはNo.0 付近の堆積土の上を歩くと長靴が全てめり込むほど軟弱であった。



図-3 崩壊部における試料 (No. 1~5) の採取位置



図-5 試料 (No. 0) の採取位置 (砂防堰堤左岸)



(a) 崩壊部下流



(b) 谷出口上流

図-4 試料 (No. 6、No. 7) の採取位置

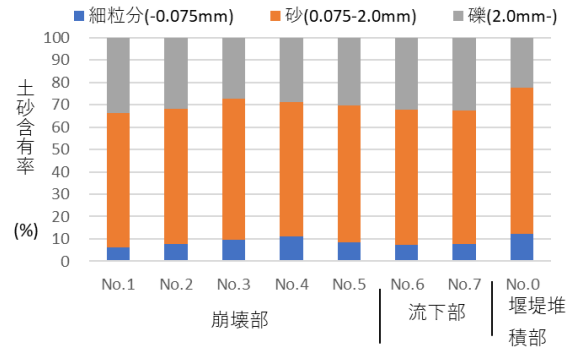


図-6 試料の粒径分布

4.4 概略流動化指数 (A. M. I.) と流動化

各試料の流動化の指標として概略流動化指数 (A.M.I.*Approximate Mobility Index) を算定した³⁾。A.M.I.=飽和含水比/液性限界である。Ellenらは、 $A.M.I. \geq 1$ では容易に流動化する、 $1 > A.M.I. \geq 0.45$ では流動化のためには含水比の増加が必要、 $0.45 > A.M.I.$ では流動化しないと提案している。この考えに基づけば、図-8から、上流部(崩壊部)では $A.M.I. > 1.0$ であり流動化し易く、流下部では $1.0 > A.M.I.$ であり流動化のためには含水比の増加が必要となる。図-8からA.M.I.と乾燥密度は反比例の関係があるように見え、上流(崩壊部)から下流に向かって、乾燥密度が増加するにつれてA.M.I.は減少することが分かる。崩壊部の土は乾燥密度が小さく(すなわち締固めが緩く)A.M.I.が大きいため、飽和含水比に近くなると流動化し易く、一方下流の堆積物は乾燥密度が大きくA.M.I.が小さいためにむしろ流動化が抑制されていることを示している。

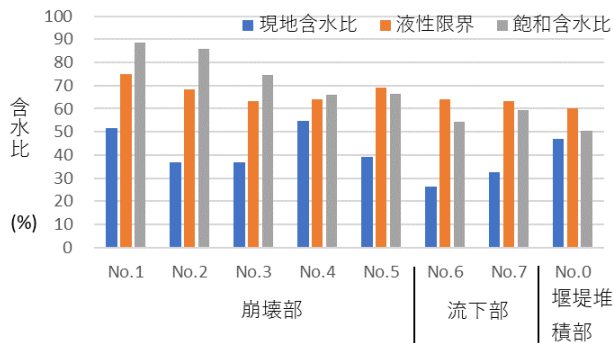


図-7 現地含水比、液性限界、飽和含水比

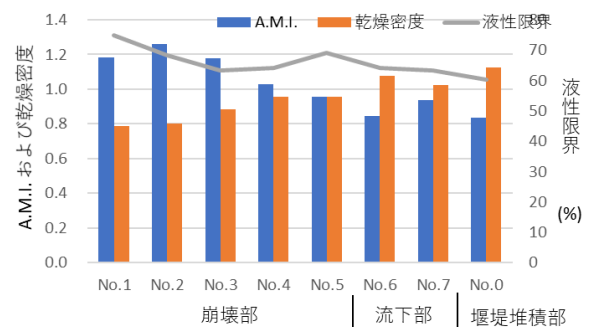


図-8 A. M. I.、乾燥密度、液性限界

5. おわりに

逢初川の崩壊部の土は乾燥密度が小さく(すなわち締固めが緩く)A.M.I.が大きいため、飽和含水比に近くなると流動化し易く、一方下流の堆積物は崩壊部に比べて乾燥密度が大きくA.M.I.が小さいためにむしろ流動化が抑制されていると考えられる。このことから、崩壊土砂の土砂濃度よりも谷出口上流の溪流部での土砂濃度の方が大きく、このことが土石流が一気に下流にまで流下するのではなく、数波に分かれて段階的に下流に到達して行った原因の一つと考えられる。

参考文献 1) 静岡県: 第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会資料、2021、2) 静岡県: 第2回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会資料、2021、3) 山本悟司ほか: 蒲原沢、針原川、八幡平で発生した土石流の土質特性と流動性、砂防学会誌、Vol. 51, No. 5, p. 28-34, 1999