

雲仙普賢岳炭酸谷における土石流発生に関する数値計算

立命館大学大学院理工学研究科 ○山本歩 高山翔揮
立命館大学 里深好文

1. はじめに

長崎県島原半島に位置する雲仙普賢岳では、近年水無川流域の炭酸谷と極楽谷でのみ土石流が発生している。平川ら¹⁾は「新規火砕物と地山の境界部に、透水性の違いにより地下水流動層が形成され、地山露出部で湧出する。降雨時にはその量が増加して溪流に流入する。溪流水は新規火砕物と地山の境界部に集中し、かつ急勾配であるために急激な侵食が発生して土石流が発生する。」と推察した。(図1)

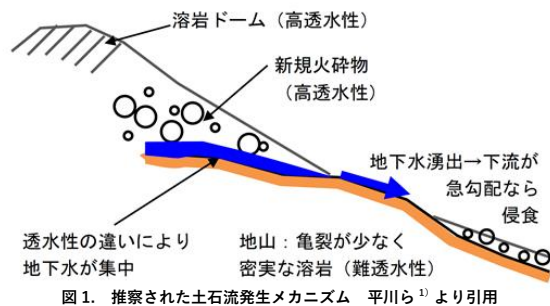


図1. 推察された土石流発生メカニズム 平川ら¹⁾より引用

本研究では、雲仙普賢岳で発生した土石流の再現計算を行うことで、推察された土石流発生メカニズムが物理的に起こりうる現象であるかを検証する。数値計算モデルは、里深ら²⁾の『差分法により渓床堆積物内の非定常浸透流れと土石流の発生・発達過程を同時に解析する手法』を用いた。

2. 感度分析

堆積物内の特性を決める各パラメータが土石流発生に与える影響を調べるために、基準となる計算条件からパラメータの値・条件を変更して、数値シミュレーションを行った。

基準となる計算条件（感度分析、3.1、3.2共通）

砂の密度	2650	水の密度	1000
河床砂の粒径	0.05 m	内部摩擦角	37 度
飽和含水率	0.4	残留含水率	0.001
比貯留係数	1.0	係数	3.0
河床堆積物の容積土砂濃度	0.6		
水分特性曲線における変曲点の圧力水頭	-0.05 m		

基準となる計算条件

初期圧力水頭	-0.25	m	初期堆積厚	1.05	m	流入流量	0.05
Δx	5.0	m	Δz	0.1	m	Δt	0.001 sec
流路幅	1.0	m	流路長	120	m	斜面勾配	0.0 度
飽和透水係数	0.05						
その他	上流端から10mの区間固定床とし、堆積層中の水の移動は無いものとする。						

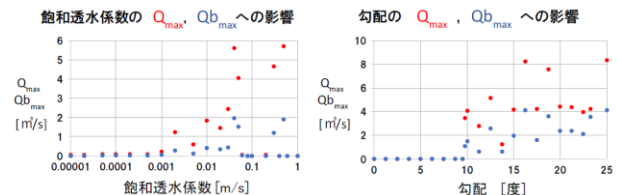


図3 土石流ピーク流量に関する感度分析の結果

図3は、感度分析の結果の一部である。このように飽和透水係数が小さい場合や勾配が小さい場合すなわち、河床内の浸透流量が少ない場合は飽和河床の条件に近いのでピーク流量が小さいことがわかる。

3. 土石流の再現計算

2016年6月20日22時頃に発生した土石流を再現する。水位観測に成功した炭酸谷右岸側の滝上流(図3の3.1)に土石流発生時の降雨を与え、流出流量を計算する。その結果を流域面積比で増大して、主要な土石流発生源であるとされる炭酸谷本流の滝の下流(図3の3.2)に与え、土石流発生を再現する。

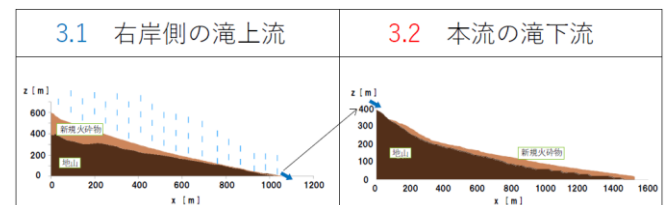
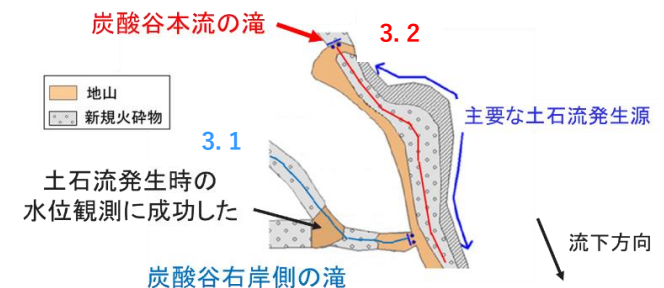


図3 炭酸谷概略位置模式図（上）武石ら³⁾より引用、編集、計算概要図（下）

3.1. 流出計算

3.1.1 滝の上 流出計算

初期圧力水頭	浸食が起こらない状態で時間雨量10mmの降雨を1週間降させた後 無降雨で3日間経過させたときの計算結果を用いる				
流入流量	全体に降雨として与える。10分間雨量(流域平均)を流域面積/(川幅×流路長)で増大				
Δx	5.0 m	Δz	5.0 m	Δt	0.01 sec
流路幅	6.0 m	流路長	1050 m	斜面勾配	0.0 度
初期堆積層厚	航空レーザー測量計測データより設定				
飽和透水係数	新規火砕物堆積層 0.005m, 地山 浸透・侵食無し				

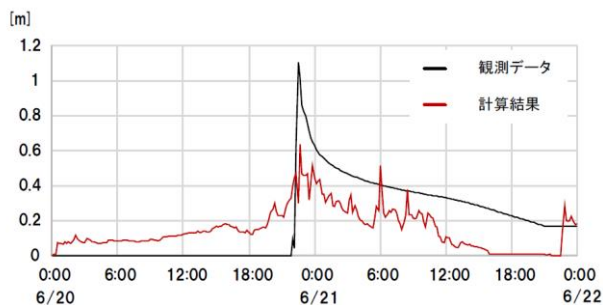


図 3.1.1 観測された水位データと計算結果比較

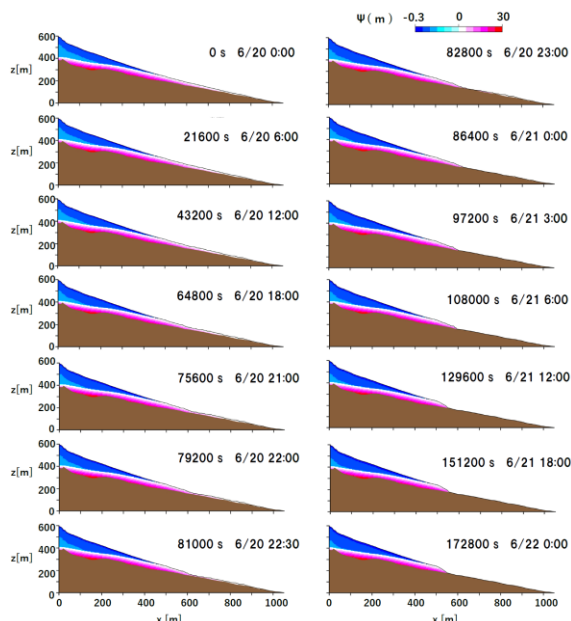


図 3.1.2 2016 年 6 月 20～22 日の右岸側の淹上流の河床縦断形状の時間的変化

図 3.1.1 より観測された水位とピーク値の生じるタイミングが一致する結果となったことがわかる。また図 3.1.2 は縦断形状の時間的変化を示しており、上流端からの距離 500m より下流で浸食が進むことが確認された。

3.2. 土石流再現計算

3.2 淹の下 再現計算					
初期圧力水頭	新規火砕物堆積層 -0.2m として一様与える				
流入流量	4.1の流出流量を流域面積比で増大させて与える				
Δx	10.0 m	Δz	5.0 m	Δt	0.01 sec
流路幅	10.0 m	流路長	1520 m	斜面勾配	0.0 度
初期堆積層厚	航空レーザー測量計測データより設定				
飽和透水係数	新規火砕物堆積層 0.005m/s , 地山 浸透・侵食無し				

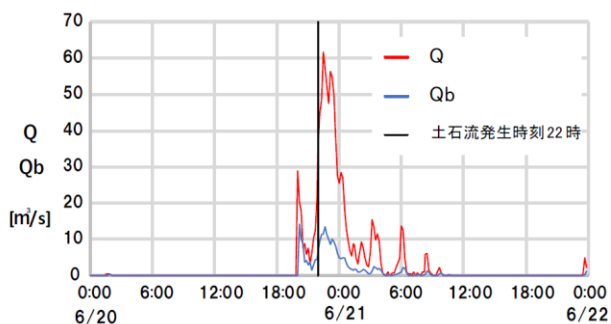


図 3.2.1 土石流ハイドログラフ と 土石流発生時刻

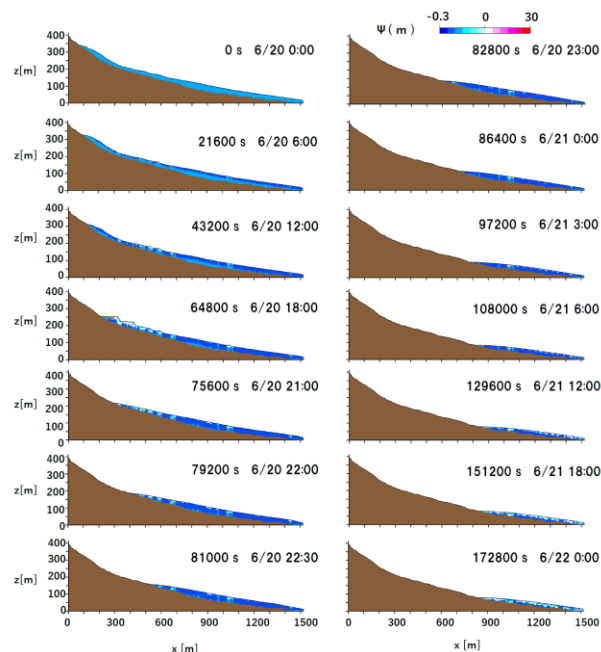


図 3.2.2 2016 年 6 月 20 日～22 日の本流の淹下流の河床縦断形状の時間的変化

図 3.2.1 より流出流量が急増するタイミングと土石流発生時刻の 22 時が一致した。図 3.2.2 より浸食が急激に進むことが確認された。

4. まとめ

感度分析より河床堆積層内の特性を決めるパラメータが土石流に与える影響が大きいことがわかった。河床堆積層内の状況がピーク流量等にどのような影響を与えるか今後さらに検討していく。

再現計算においては、タイミングを一致させることはできたが、計算条件では一般的な値を用いており、今後その値を変更することでより再現性を高め、土石流の発生メカニズムについて検討していく。

5. 参考文献

- 1) 平川ら：雲仙水無川における土砂移動と地形・地質的素因の関係，平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集，p.B-54,B-55，2015.
- 2) 里深ら：溪流堆積物の不飽和浸透過程を考慮した石礫型土石流の発生・発達に関する数値計算，水工学論文集，第 53 巻，p.697-702，2009.
- 3) 武石ら：雲仙岳の火砕流堆積域における土石流発生誘因としての降雨流出特性，平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集，p 222-223，2017.
- 4) 小笠原ら：浸透が卓越する場に形成される堆積地形に関する数値解析，水工学論文集，第 51 巻，p979-984，2007.
- 5) 谷 誠：一次元鉛直不飽和浸透によって生じる水面上昇の特性，日本林学会誌，Vol.64，p409-418，1982.
- 6) 高橋：自然ダムの越流決壊によって形成される洪水の予測，京都大学防災研究所年報，第 35 号 B-2，p231-248,1992.