

平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川流域を対象にした斜面崩壊危険度評価

九州工業大学工学部 学生会員 ○稲垣 理菜 九州工業大学大学院 正会員 重枝 未玲
九州工業大学名誉教授 フェロー会員 秋山 壽一郎 九州工業大学大学院 学生会員 王 少博

1. はじめに

近年、想定を超えた豪雨により、中小河川流域で土砂・流木・洪水氾濫による複合災害が頻発している。中山間地の中小河川は、一般に、国が管理する大河川に比べ、治水安全度が低いため、危機管理対策の策定は喫緊の課題である¹⁾。本研究は、以上のような背景を踏まえ、降雨外力から、水・土砂・流木の挙動を予測し、危機管理対策の策定に供する数値モデルの開発を最終的な目的としている。ここでは、平成 29 年 7 月九州北部豪雨で甚大な被害を受けた赤谷川流域²⁾を対象に、著者らが開発した地中流を考慮した地表面流・洪水氾濫ダイナミックモデル³⁾の解析結果に基づき斜面崩壊の危険度評価を行った。

2. 地中流を考慮した降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析モデルと斜面崩壊危険度評価の概要

地中流を考慮した降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析モデルは、地表面流・洪水氾濫流を dynamic wave モデルで、地中流を diffusion wave モデルで取り扱い、地表面と土壌との水のやりとりを、地表面から土壌については浸透流量で、土壌からの地表面については滲出流量で考慮したモデルである。同モデルの地表面流の基礎方程式は、降雨による流域への流入流量を連続の式に考慮した 2 次元浅水流方程式であり、地中流の基礎方程式は自由水面地下水流の連続の式とダルシー則に基づく式である。モデルの詳細については参考文献³⁾を参照されたい。

斜面崩壊の危険度評価は、式(1)の無限長斜面を対象にした斜面安定解析式に基づき行った。安全率 F_s が 1 を下回る場合に斜面は崩壊するとした。なお、同式では樹木根系による粘着力については考慮していない。

$$F_s = \frac{c_m + \{(1-m)\gamma + m\gamma'\} H' \cos^2 \beta \tan \phi_m}{\{(1-m)\gamma + m\gamma_{sat}\} H' \sin \beta \cos \beta} \quad (1)$$

ここに、 F_s :安全率 c_m :すべり面の粘着力、 γ :湿潤単位体積重量、 H' :分割片の高さ、 β :分割面のすべり面傾斜角、 ϕ_m :すべり面の内部摩擦角、 γ' :水中単位体積重量(= $\gamma_{sat} - \gamma_w$)、 γ_{sat} :土の飽和単位体積重量、 m :表土層厚に対する飽和土層厚の割合。

3. 赤谷川流域への適用

(1) 解析対象領域の概要

本研究で対象とする赤谷川流域を図-1 に示す。赤谷川は、筑後川の 50.7km 地点で合流する延長 15.0km の支川である。赤谷川の流域面積は 20.1km²であり、その土地利用は、山林 88%、畑・丘陵・放牧地・公園 7%、水田 4%、宅地 1%である。



図-1 赤谷川流域の概要

(2) 斜面崩壊の危険度評価の概要

斜面崩壊の危険度評価は、地中流を考慮した降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析モデルで、地表面と地中流の挙動を解析した後、同解析より得られた地中流の水

深 h_G を用いて $m=h_G/H'$ より表土層厚に対する飽和土層厚の割合 m を求め、式(1)より安全率 F_s を求めることを行った。

降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析モデルの解析対象時刻

は、平成 29 年 7 月 5 日 7 時から 6 日 6 時とした。標高には平成 29 年 7 月豪雨災害前に計測された 1m メッシュの LP データを、土地利用

データには ALOS2 を用いた。各計算格子の標高および粗度係数は、LP データと土地利用に応じた粗度係数を計算格子内で平均し与えた。下流端水位については、1 次元河道ネットワークモデルによる分布型流出・1 次元洪水流解析より得られた筑後川本川との合流点での水位ハイドログラフを与えた。

表-1 パラメータ

すべり面の粘着力 c_m	2.45 kN/m ²
湿潤単位体積重量 γ	16.10 kN/m ³
分割片の高さ H'	1.0m
すべり面の内部摩擦角 ϕ_m	35°
水中単位体積重量 γ'	8.14 kN/m ³
土の飽和単位体積重量 γ_{sat}	17.95 kN/m ³

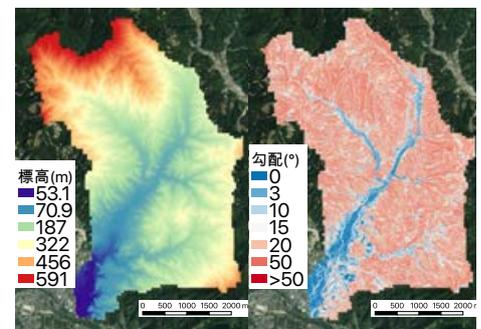


図-2 標高と勾配

斜面崩壊の危険度評価では、計算格子を 10m として、LP データより計算格子内の標高の平均値と勾配を求めるとともに、降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析より得られた地中流の水深 h_G を与えた。また、評価に用いた土質に関するパラメータは、沖村らの研究⁴⁾に基づき、表-1 のように与えた。図-2 に危険度評価に用いた標高、勾配を示す。

(3) 結果と考察

図-3 に、降雨流出・洪水氾濫ダイナミック解析より得られた最大浸水深と実測浸水域²⁾の比較を示す。図中には赤谷川流域の流域平均雨量と下流での流量ハイドログラフも示している。これより、(1)本解析結果は、浸水域を十分な精度で再現していること、(2)下流でのピーク流量は 18 時頃に発生していること、などが確認できる。図-4 に、本解析より得られたピーク雨量時とピーク流量時の水深・地中流の水深および安全率 F_s を示す。なお、図中に土砂崩壊地についてもあわせて示している。安全率 F_s はピーク雨量時の 10 分後の 16 時 00 分頃に多くの領域で 1 を下回った。これより、平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の赤谷川では、ピーク雨量直後に土砂崩落が多数発生し、崩落土砂が下流に流下したと考えられる。また、痕跡水位と被災後の標高を用いた解析ピーク水位を比較すると、被災後の標高を用いた解析ピーク水位は痕跡水位を再現できる³⁾ことを踏まえると、その土砂はピーク流量が発生する 18 時までに河道に堆積し、河道を埋塞させたと考えられる。

4. おわりに

本研究から、本モデルは、豪雨による浸水状況を再現でき、豪雨時の土壌の水分状況から、土砂崩壊の危険度を評価できることを示した。ただし、本解析では土砂流送を考慮しておらず、土壌に関するパラメータに一般的な値を使用しているため、これらの点については、さらなる検討が必要である。

謝辞：本研究では、文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合・解析システム(DIAS)からデータの提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献) 1) 国土交通省：中小河川緊急治水対策プロジェクト、http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000933.html, 2017(参照日2019/05/19)., 2)

筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会：筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会報告書, 2017., 3) 重枝未玲ら：地中流を考慮した地表面流・洪水氾濫ダイナミック解析モデルの構築, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.75, No.2, pp.L1303-L1308, 2019., 4) 沖村孝ら：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法, 土木学会論文集, 第358号, III-3, pp.69, 1985.

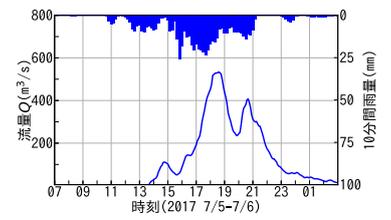


図-3 ハイドログラフ及び浸水域の比較

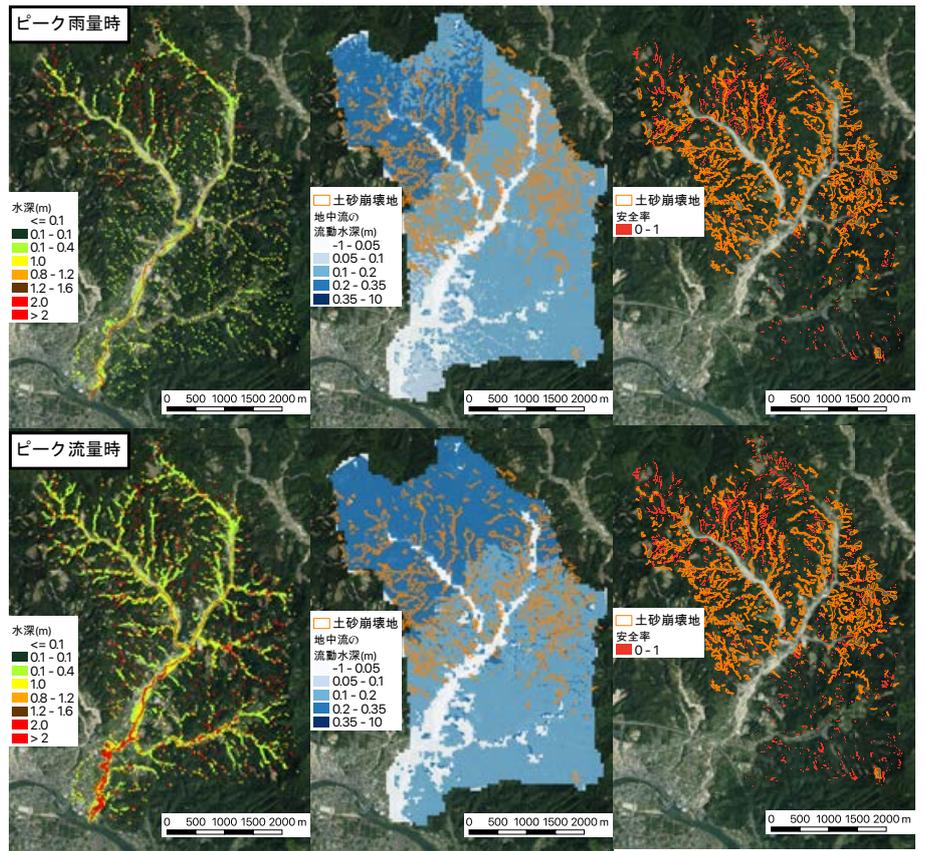


図-4 ピーク時の解析水深・地中流水深・斜面安全率