

土石流発生予測に向けたヒル谷における浸透流量と河床堆積土砂量の観測 Observation of Seepage Flow and Sediment Volume in the Hiru-Dani Riverbed for Debris Flow Prediction

○矢野 むつみ・岩井 智哉・山野井 一輝

○Mutsumi YANO, Tomoya IWAI, Kazuki YAMANOI

Extreme weather conditions due to recent climate change have caused water-related disasters to become more severe, and there is a corresponding need to improve the accuracy of sediment hazard prediction. Existing the sediment dynamics analysis models assume saturated conditions in the river channel and do not account for subsurface flow, making it impossible to calculate a safety factor. Iwai et al. improved a water transport model that considers subsurface flow and conducted a sensitivity analysis using numerical simulation for Hiru-Dani watershed in Takayama City, Gifu Prefecture, showing that hydraulic conductivity and sediment layer thickness contribute to the occurrence of debris flows. In this study, the hydraulic conductivity was estimated from the measured data, and the analysis on the occurrence of debris flows confirmed that the safety factor is minimized during the occurrence of debris flows in Hiru-Dani. (137 words).

1. はじめに

近年、気候変動による異常気象の影響により、土砂災害が頻発化・激甚化している中、災害がいつ発生するのかを数値シミュレーションによって正確に予測することが求められている。土石流発生予測には土砂動態解析モデルを使用するが、既往の土砂動態解析モデルは、河道が飽和した状態を前提としており、河道における浸透流を考慮していないモデル^{1) 2)}がほとんどである。そのため、浸透流に影響する透水係数や浸透能といったパラメータが土石流発生の解析に含まれておらず、浸透流を考慮した解析を行う際に必要なパラメータ値の実測データが不足していることが現状である。

これらを踏まえ、岩井らは³⁾、一部不飽和でも表面流が発生するような浸透流を考慮した河道における水の輸送モデルの改良を行った。また、令和2年7月に土石流が発生した岐阜県高山市の足洗谷流域支流、ヒル谷を対象流域として、透水係数や堆積土砂の層厚変化と土石流発生の関係について数値シミュレーションによる感度分析を行い、それらが土石流発生に寄与することを示した。しかし、それらの値から定まる浸透流量は直接計測することが困難であり、河道における浸透流を考慮した土砂動態解析モデルの研究や透水係数や粘着力に関する実測値が十分でないことから、本研究では、ヒル谷支川上流に位置する露岩部の表面流量や堆積層厚の実測値から透水係数を推定し、

SiMHiS: Storm-induced Multi Hazards information Simulator^{4) 5)}での土石流発生に関する解析を行った。

2. 観測方法

対象地である、神通川水系に属する足洗谷の支川、ヒル谷で流量、堆積層厚、川幅、河床勾配を計測した(図-1○地点)。流量は、ヒル谷支川上流の岩盤の露出した地点表面流を直接採取し、採取量を採取時間で除すことで得た。堆積層厚に関しては、上流で観測した流量がすべて浸透流となり、かつ表面流が生じていない飽和している地点で、SH型貫入試験⁶⁾を用いて断面に対して3箇所計測した。また、透水係数は、これらの実測値を用いて連続式およびダルシー則から算出した。

3. 解析方法および条件

SiMHiSによる解析の対象流域は、足洗谷流域のヒル谷流域とし、山野井らによるSiMHiS^{4) 5)}に岩井らが改良を加えたもの³⁾を用いて、12分割されたヒル谷の各単位河道に堆積層厚や透水係数(粘着力)を入力条件とし、土石流発生についての解析を行った。降雨データは、2020年1月1日から6月30日までは対象流域に最も近いアメダス栃尾観測所の10分間雨量を、土石流が発生した2020年7月8日を含む2020年7月1日から2020年7月10日までは国土交通省によるCバンドレーダ

雨量データの10分間雨量を用いた。堆積層厚については、土石流発生前のヒル谷の0.5mメッシュのDEMデータから、河道部分のDEMデータを削除して、スプライン補正を用いて消した河道部分のDEMデータを補正し、もとのDEMデータと補正後のDEMデータの差をとることで、堆積土砂量を計算し、長方形断面を仮定して各単位河道における堆積層厚の空間分布を作成した。これら以外の浸透能やマンニングの粗度係数等の入力条件は岩井ら³⁾と同じ条件で解析を行った。

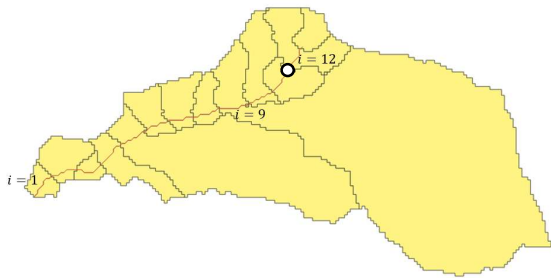


図-1 単位河道・単位斜面に分割したヒル谷流域

4. 結果と考察

(1) 観測結果

流量 Q は4回の計測値の平均をとった結果、 $7.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ となり、この流量が堆積土層内を完全に飽和した地点での断面積 A は 1.10 m^2 となった。したがって、連続式 $Q = vA$ から流速 v は $6.7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ となった。河床勾配 i は実測により0.125となり、これが動水勾配と等しいものとして、ダルシー則 $v = ki$ に代入し、透水係数 k は $5.4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ となった。なお、断面積の計算では表-1のようにSH型貫入試験から推定された3箇所の堆積層厚より断面形状を推定し算出した。

表-1 貫入試験による堆積層厚の結果

右岸からの距離 (cm)	堆積層厚 (cm)
50	122
100	47.5
150	46.9

(2) 解析結果

本研究では、ヒル谷支川最上流の源頭部に位置する単位河道 channel 12 で最も安全率 F_{deb} が低くなることから、単位河道 channel 12 のみを解析結果として記載した。堆積層厚0.90 mと透水係数

$5.4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ を入力条件として与えた、channel 12 の土石流の安全率 F_{deb} の結果は図-2 のようになった。

7月7日から8日にかけて最大80 mm/hを超える豪雨が短時間で降った影響により、土石流が発生した7月8日には、堆積土砂が完全に飽和し、安全率 F_{deb} は最も低い1.18という結果となった。

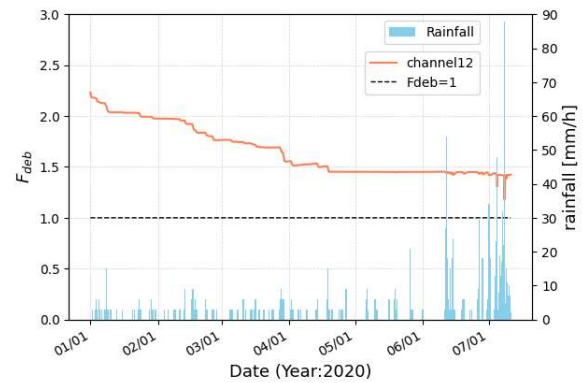


図-2 channel 12 での安全率 F_{deb} の解析結果

5. まとめ

本研究では浸透流を考慮した土砂動態解析モデル SimHis を用いて、実測値に基づいたパラメータ値を入力条件とした土石流発生に関する解析を行い、ヒル谷での土石流発生時に安全率が最も小さくなる結果を得た。安全率は1を下回らなかったものの、1に近い値となった。今回は、岩井ら³⁾の条件を参考に粘着力を一定の値 $c = 4.94 \text{ kPa}$ として解析を行ったが、今後、粘着力の値を変化させることで、実際に発生した土石流がどの程度説明できるかを検討する予定である。

謝辞

利用した国土交通省 C バンドレーダ 雨量データは、国土交通省より提供されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高橋ら, 水工学論文集, Vol.44, pp.717-722, 2000
- 2) 富田ら, 砂防学会誌, Vol.66, No.1, pp.3-12, 2014
- 3) 岩井ら, 砂防学会誌, Vol.77, No.5, pp.17-24, 2024
- 4) 山野井一輝: 京都大学学位論文, pp.167, 2017
- 5) 山野井, 藤田, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, pp.15-23, 2017
- 6) 表土層調査技術研究会: SH 型貫入試験調査要領