

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

地形情報から降雨時の斜面災害の危険性を予測する

鉄道沿線では、降雨により自然斜面や切土の崩壊、盛土崩壊、土石流などさまざまな斜面災害が発生することがあります。こうした斜面災害には、降雨時における水の流れが大きな影響を及ぼします。そこで、地形情報から降雨時の水の流れを予測したうえで斜面災害の危険性を評価するための解析モデルを構築しました。本稿では、この解析モデルの概要と土石流を対象とした解析事例を紹介します。



布川 修
Osamu Nunokawa
防災技術研究部
地盤防災研究室
主任研究員
[専門分野] 斜面防災

はじめに

鉄道沿線では、降雨により自然斜面や切土の崩壊、盛土崩壊、土石流などさまざまな斜面災害が発生することがあります。こうした斜面災害を未然に防ぎ列車の安全性を確保するためには、鉄道沿線における斜面災害の危険性を知り、危険性が高い箇所をあらかじめ把握しておくことが重要となります。

一方、斜面の崩壊には、降雨時の斜面表面あるいは斜面表層（内部）に

ける水の流れ（図1）によって生じる地下水位の変動が大きな影響を及ぼします。そこで、地形情報と比較的容易な現地調査で得られるデータを用いて、降雨時の水の流れを予測したうえで斜面の崩壊危険性を評価する解析モデルを構築しました。本稿では、この解析モデルの概要と、土石流を対象とした解析事例を紹介します。なお、自然斜面や切土の崩壊を対象とした解析事例については、文献1)を参照して下さい。

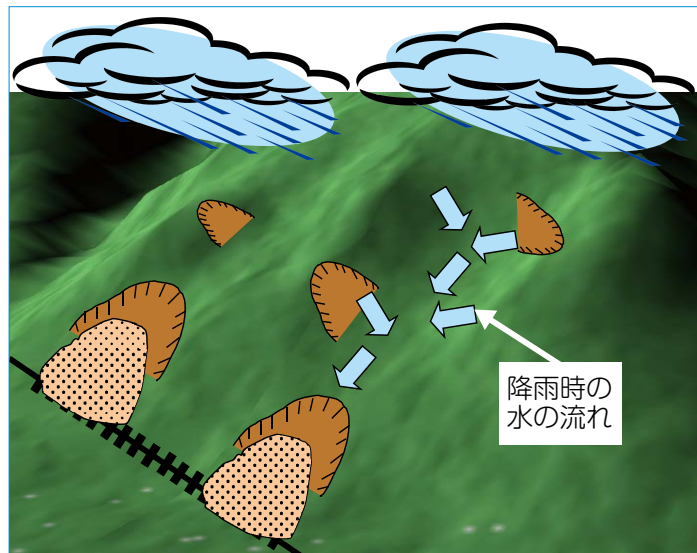


図1 斜面崩壊に影響を及ぼす降雨時の水の流れのイメージ



図2 土石流災害の例

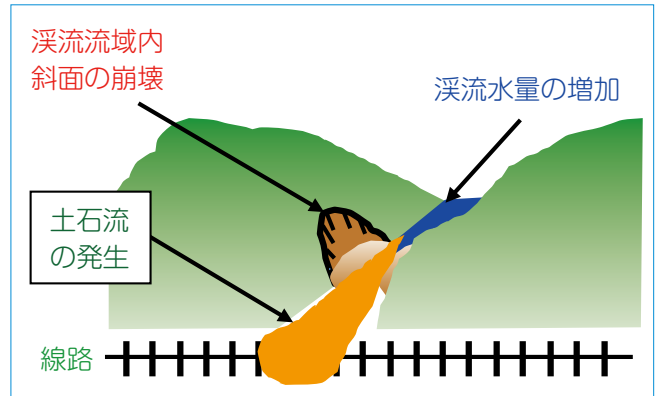


図4 土石流の発生危険性のイメージ

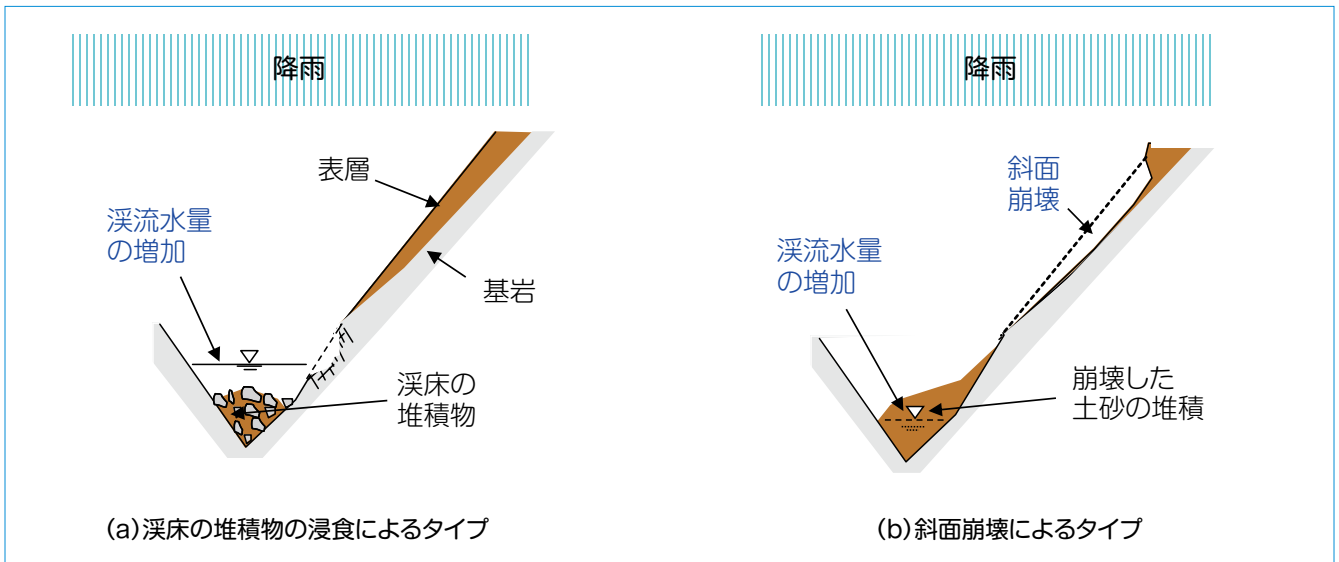


図3 土石流の発生形態（渓流の断面のイメージ）

土石流の発生形態

土石流とは土砂などが水と混合して渓流などを流下する現象のことをいいます。土石流が発生すると線路まで土砂が流下することがあります(図2)。

土石流の発生形態は、a) 渓床(渓流の底面)の堆積物の浸食によるタイプ、b) 斜面崩壊によるタイプ、に分けられます(図3)。上記a)のタイプは渓流沿いで過去に発生した斜面崩壊などにより渓床に堆積物が蓄積し、降雨時

に渓流の水量が増加することでこの堆積物が急激に移動して土石流となるものです。上記b)のタイプは、降雨時に渓流沿いで斜面崩壊が発生して渓流に崩壊した土砂が堆積し、渓流の水量が増加することでこの崩壊した土砂が急激に移動して土石流となるものです。したがって、土石流の発生危険性には、降雨による渓流の水量の増加や渓流沿いの斜面崩壊が影響を及ぼすといえます(図4)。

解析モデルの概要

降雨時に発生する斜面表層の崩壊危険性を評価する手法には、沖村ら²⁾が提案したものが 있습니다。開発した解析モデルはこの手法を基本として、新しい知見や手法を加えて構築しました。その一つとして、地形的に凹地となる箇所を「沢(渓流)」と定義して、この箇所では水が集中して流下する計算方法を導入しています。

解析モデルにおける降雨時の雨水流

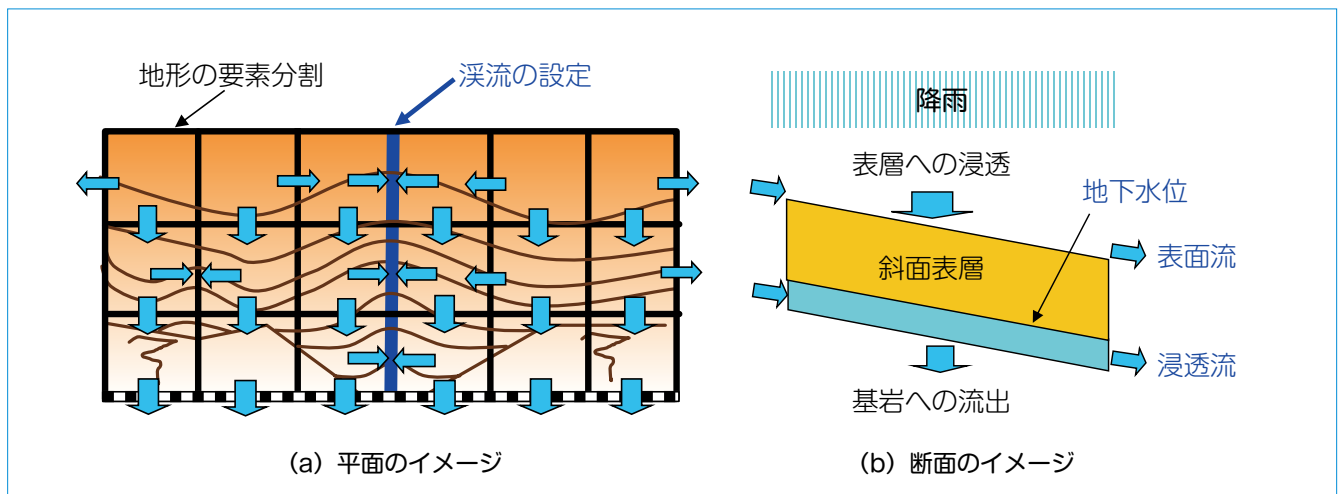


図5 解析モデルにおける降雨時の雨水流動の概念図

動の概念図を図5に示します。図5(a)に示すとおり、デジタル化された地形情報をもとに斜面の地形を格子状の要素に分割することで、地形的に水が流れやすい方向を設定します。また、図5(b)に示すとおり、要素ごとにある厚さの斜面表層を設定します。斜面表層において雨水は表面部分を流れたり、形成された地下水位により表層内部を流れたりします。このような雨水流動を考慮して、降雨時に時々刻々と変動する斜面表層の地下水位を計算します。

本解析モデルの計算フローを図6に示します。まず、①解析モデルの初期条件である地形データや各要素の土の状態(表層厚さなど)を時間的に変化しないデータとしたうえで、②地形データから水が流れる向きなどを設定します。つぎに、③設定した降雨を入力することで、④水の流入量、流出量から要素ごとの土の飽和度(土中に存在する水の割合)を求め、これから⑤地下水位を計算します。さらに、求めた地下水位から⑥要素の崩壊危険性を計算します。なお、斜面表層の安定性を簡便的に求める方法としてよく利用されている無限長斜面の安定解析手法により、崩壊危険性は安全率(崩壊に

抵抗する力を崩壊に作用する力で割った値で、数値が小さいほど崩壊危険性が高い)として求めます。上記③から⑥をある一定の時間間隔で設定計算時間まで繰り返し行うことで対象範囲全域における斜面表層の崩壊危険性が経時的に計算できます。

土石流の発生危険性は、前述したとおり、降雨による溪流の水量の増加や溪流沿いの斜面崩壊が影響しますので、溪流の水量は上記④の計算過程から求め、溪流沿いの斜面の安定性は上記⑥の計算結果から求めます。

解析モデルにおける具体的な計算方法などの詳細につきましては、文献3)、文献4)を参照して下さい。

解析事例

ここでは、過去に土石流が発生した箇所を対象として実施した解析事例について説明します。

解析対象斜面の10m格子間隔の数値標高モデルを図7に示します。表層厚さなどの土の状態は対象斜面で実施した簡易な調査や採取した土試料を用いて実施した各種試験結果から、全ての要素で同じ値と仮定して設定しました。降雨条件は、土石流が発生した時の降雨とし、対象斜面に最も近いアメ

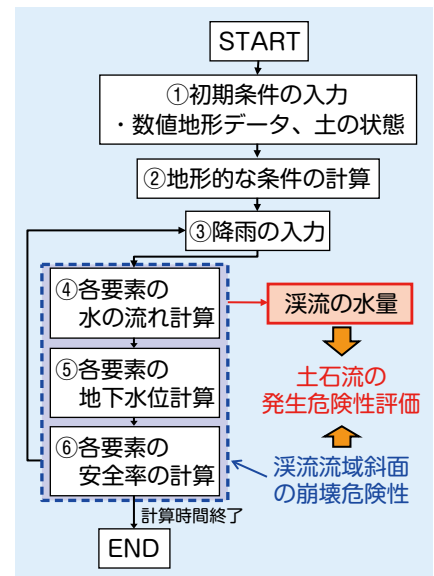


図6 計算フロー

ダス観測所のデータを利用しました。解析結果として溪流流域斜面の安定性の面的な分布を図8に示します。降雨量が増加する前の解析時間10時間と降雨量が増加した後の解析時間25時間について溪流流域斜面の安定性の分布を比較すると、降雨量の増加に伴って安定性が低下している要素の面積が増加しているのがわかります。そこで、溪流流域斜面の崩壊危険性は、溪流流域全体の斜面の投影面積に対するその流域内で崩壊の可能性が高まる斜面の投影面積の割合を崩壊面積率と

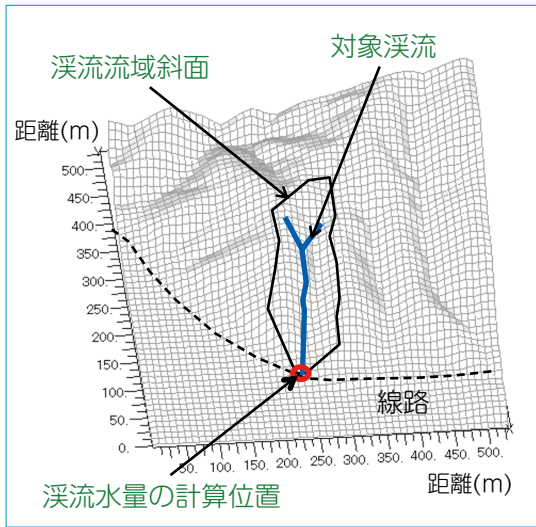


図7 解析対象斜面の数値標高モデル

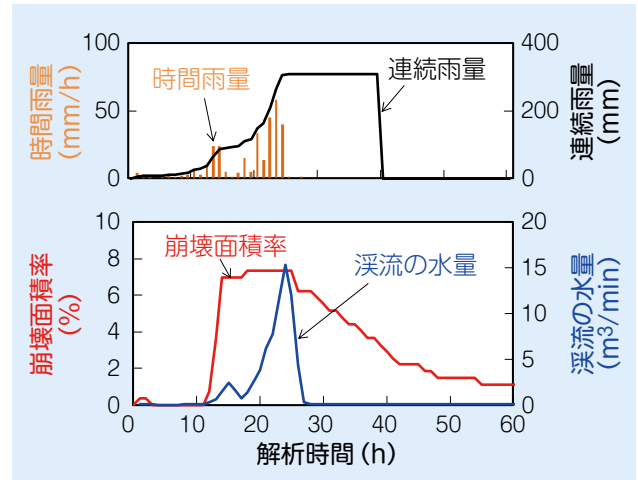


図9 渓流流域斜面の崩壊面積率と渓流水量の経時変化

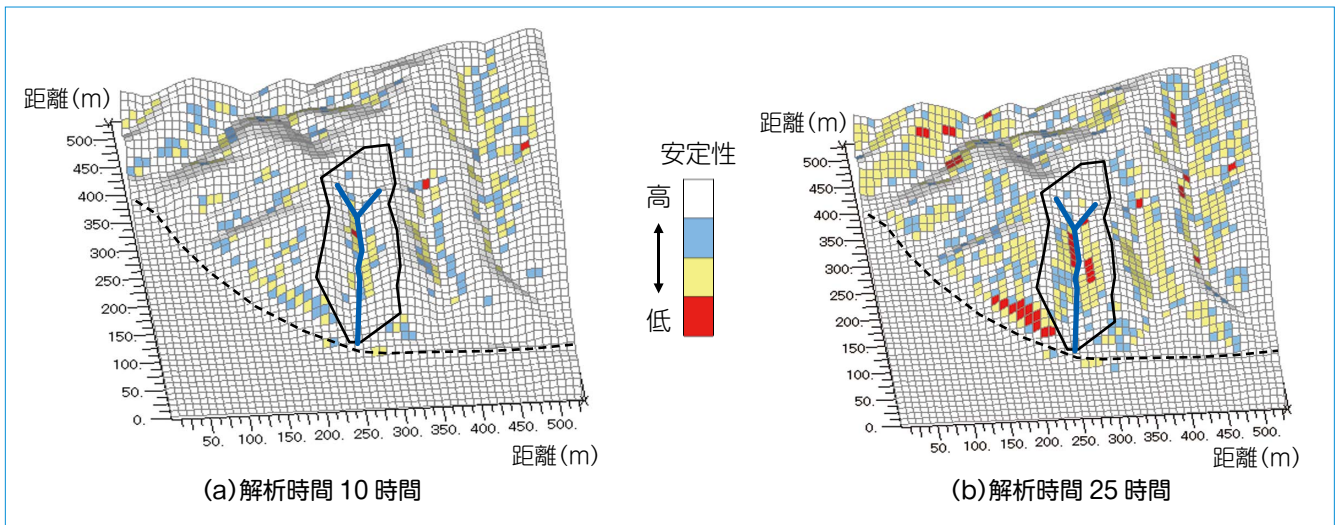


図8 渓流流域斜面の安定性の面的な分布

定義して評価することにしました。崩壊面積率は図8に示した安定性の面的な分布をもとに、所定の安定性を下回る渓流流域内の要素の合計から求めることができます。

渓流流域斜面の崩壊危険性の指標とした崩壊面積率と渓流水量の経時的な変化の計算結果を降雨量の変化とともに図9に示します。図に示すように、降雨量の増加に伴って、崩壊面積率と渓流水量がともに増加する結果となっています。すなわち、渓流流域斜面の不安定化と渓流水量の増大という土石流の発生危険性が高まる時に想定される現象が、解析モデルによる計算で再現できることがわかりました。

おわりに

ここでは、土石流の発生危険性を評価するための解析事例を紹介しました。なお、ここで紹介した解析事例の詳細は文献5)を参照して下さい。今後は、土石流が発生したその他の箇所に対して解析モデルを適用し、土石流発生の危険性を評価するための基準値や解析モデルが適用できる対象斜面の条件などを検討する予定です。[RRR]

文献

- 1) 布川修, 杉山友康, 太田直之: 降雨による斜面表層の崩壊危険度を知る, RRR, Vol.67, No.9, pp.8-11, 2010
- 2) 沖村孝, 市川龍平: 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.69-75, 1985
- 3) 布川修, 杉山友康, 太田直之: 地形を考慮した斜面表層部の地下水変動予測モデル, 鉄道総研報告, Vol.22, No.1, pp.23-28, 2008
- 4) 布川修, 杉山友康, 太田直之: 地形を考慮した斜面表層部の地下水位変動予測と安定性評価, 鉄道総研報告, Vol.24, No.5, pp.17-22, 2010
- 5) 布川修, 太田直之, 石川智史: 地形を考慮した土石流の発生危険性評価, 鉄道総研報告, Vol.27, No.11, pp.35-40, 2013