

のり面・斜面の崩壊・流動災害 軽減技術の高度化に関する研究

独立行政法人土木研究所
にしもと はるお
土砂管理研究グループ長 西本 晴男

1. はじめに

平成16年は、新潟県や福井県における前線に伴う豪雨、10度にわたる台風の上陸、新潟県中越地震などにより土砂災害が多発した。国土交通省砂防部の調べによると、土石流、地すべり、がけ崩れの発生件数は、それぞれ565件、461件、1,511件にのぼり、計2,537件の土砂災害が発生している。平成11～15年の土砂災害の発生件数の平均値は811件であり、平成16年度は過去5年間の平均値の3.1倍の土砂災害が発生したことになる。

このように、近年頻発する豪雨、地震、火山噴火等に伴う土石流、地すべり、のり面、斜面の崩壊などの土砂災害から国民の生命・財産を守るためには、防災施設の着実な整備に加えて、発生した災害を最小限に食い止め、2次災害の発生を防止する減災技術の積極的な推進が求められている。

ここでは、このような土砂災害を防止するため、土木研究所で実施している研究の概要について紹介する。

2. 研究課題の概要

土木研究所では、前述の課題に対処するため、重点プロジェクト研究の一つとして、「のり面・斜面の崩壊・流動災害軽減技術の高度化に関する研究」を行っている。本研究は、土砂災害の軽減技術のうち、集落および道路を保全対象として、

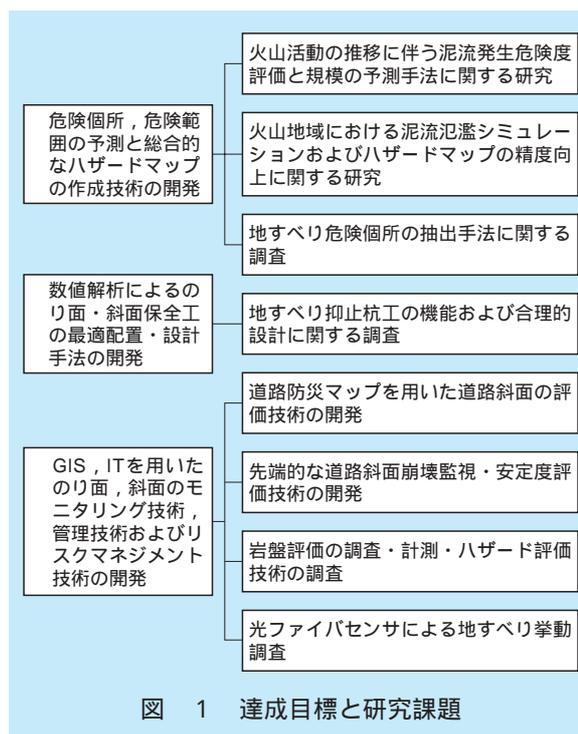


図 1 達成目標と研究課題

災害危険度予測技術の開発，のり面・斜面保全工の最適配置・設計手法の開発，新技術を導入したのり面・斜面の調査・モニタリング技術の開発，道路斜面リスクマネジメント技術の開発を行うことを研究の範囲とし，図 1 に示す達成目標と課題を設定し，研究を行っている。

3. これまでの研究成果の概要

(1) 危険箇所，危険範囲の予測と総合的なハザードマップの作成技術の開発

「火山活動の推移に伴う泥流発生危険度評価と規模の予測手法に関する研究」において，2000年7月に噴火してその後泥流による被害の著しかった三宅島を対象として，現地観測，現地調査，および空中写真判読等を行い，それらの結果をもと

に火山灰堆積斜面における降雨流出，土砂流出の実態を明らかにし，そのモデル化のための検討を進めた。これらの結果から，三宅島の火山灰堆積斜面では，水・土砂の流出が依然として継続して経年的な減少傾向を見せないことや，三宅島の溪流では斜面の火山灰堆積厚，河道内のスコリア堆積物の有無などによって降雨時の水・土砂の流出が影響されていること等が明らかになった。また，雨水浸透過程を物理的に取り扱った表面流発生モデルを作成し，現地観測データでその適用性を確認した（図 2）。

今後は 火山灰堆積斜面および河道における水・土砂の流出モデルを組み合わせた泥流ハイドログラフ予測モデルの開発を進める予定である。

「火山地域における泥流氾濫シミュレーション及びハザードマップの精度向上に関する研究」においては，複雑な地形の氾濫域を対象とした火山

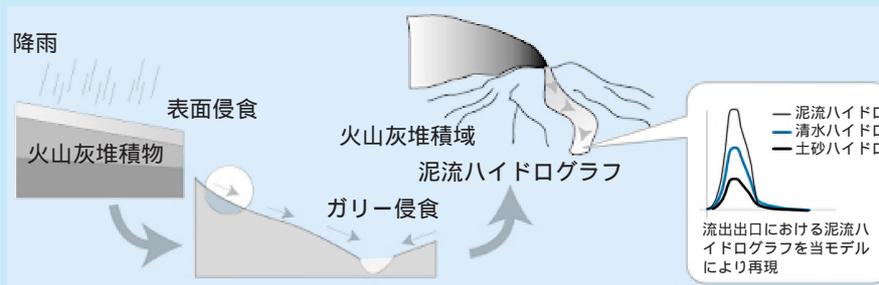


図 2 泥流ハイドログラフ予測モデルの概念図

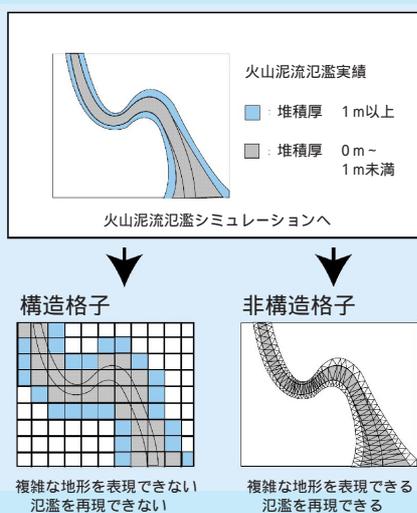


図 3 非構造格子モデルのイメージ

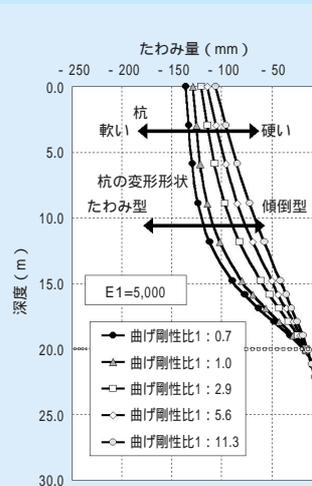


図 4 杭の曲げ剛性を变化させた解析結果の例

泥流氾濫状況を水理模型実験で確認した。今後は、氾濫域の地形が複雑な場合の火山泥流氾濫範囲推定手法を確立するため、非構造格子モデルを用いた火山泥流氾濫シミュレーション計算の有用性について検討を行い、再現性の向上を図る予定である(図 3)。

(2) 数値解析によるのり面・斜面保全工の最適配置・設計手法の開発

「地すべり抑止杭工の機能及び合理的設計に関する調査」において、現地での杭変位の計測事例を収集し既往設計法の適合性を検証するとともに、モデル斜面を用いて有限要素法により地盤と杭材の物性値を変化させた感度分析を行い、杭の変形に影響を与える因子を分析した。その結果、くさび杭の挙動を示していた事例では、現行設計式で得られる曲げモーメント分布と整合した値が得られ、設計式の適合性が高いことが確認された。また、モデル斜面を用いた感度分析の結果、地すべり移動層の変形係数が杭の変形に大きな影響を与えることが分かった(図 4)。

(3) GIS, IT を用いたのり面・斜面の調査・モニタリング技術の開発, 道路斜面リスクマネジメント技術の開発

「道路防災マップを用いた道路斜面の評価技術の開発」は、GIS を活用した面的なハザード評価やリスクマネジメント手法の開発, ならびに web GIS などによる道路斜面防災情報のリアルタイムな発信の手法の開発を行うことを目的としている。特にこの研究テーマでは、道路斜面の防災(ハザード)マップの作成・運用を行政的な目標に掲げており、これに向けて、ハザードマップ作成要領(案)の作成や、現地の通行規制区間を対象とした詳細な防災マップの試作を行っている(図 5)。また、ハザード評価を支援するツール開発の一環として、降雨に対する崩壊発生確率算出手法の検討, 斜面の3次元安定度解析プログラム, 崩壊した土砂の到達範囲の予測手法や崩土到達範囲予測プログラムなどの開発を行っている。

「先進的な道路斜面崩壊監視・安定度評価技術の開発」においては、地形条件を考慮してB

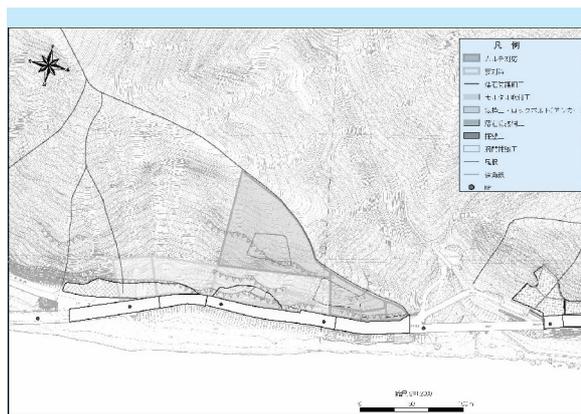


図 5 道路斜面防災マップの試作 (作成途中のもの)

OTDR 方式の光ファイバセンサを路線方向に低密度に設置し、変状ブロックの規模と移動方向の推定方法に関する検討を行った結果、降雨イベントに対する累積変位を用いることで、斜面内の崩壊ブロックの規模および移動方向の推定が可能であることが分かった(図 6)。また、これまでの成果をとりまとめて「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル(案)」を作成した。

「岩盤斜面の調査・計測・ハザード評価技術の調査」は、安定度の評価が特に難しい岩盤斜面に関するハザード評価の高精度化を目的としている。この研究では岩盤斜面の安定性に大きく関わる弱層や亀裂などを高精度で調査する技術や、調査の不確実性を考慮した合理的な安定性評価手法の開発を行っている。人工震源を用いた3次元屈

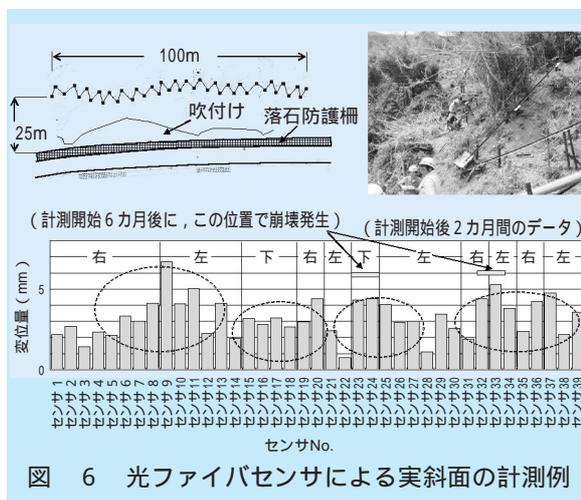


図 6 光ファイバセンサによる実斜面の計測例

折法地震探査のほか、AE 計測による不安定岩盤斜面内部の応力集中個所の抽出手法について検討を行い、音波の伝播経路や速度、振幅から不安定岩塊を抽出することができた。また、複数地点における AE 伝播時間の差分から応力が集中する個所を推定することができる可能性を示した。また、常時微動計測手法を用いて、岩盤斜面の不安定ブロックの抽出の可能性について検討を行った結果、岩盤ブロックが不安定化すると振幅が大きくなるため、安定ブロックと不安定ブロックを区別できることが明らかとなった。

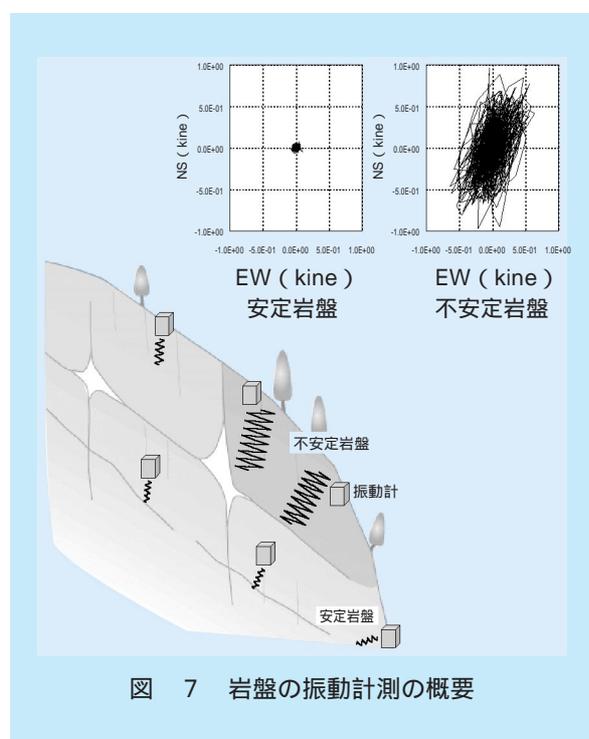


図 7 岩盤の振動計測の概要

「光ファイバセンサによる地すべり挙動調査」においては、積雪地帯用の二つの調査法を考案し試験を実施している。

一つは、光ファイバセンサを地すべり斜面に直接埋設して地すべりの挙動を観測する方法である。この方法は、耐腐食性が高い金属管を保護管とする光ファイバセンサを地表面下50cm に埋設し、地すべり斜面のひずみ量を観測するものである。この方法には、光ファイバをそのまま埋設する方法と、地盤との一体化を図るために固定金具を付けて埋設する方法がある。光ファイバに固定

金具を付けた場合、ひずみ量の変化をシャープに観測できる。なお、このセンサは、光ファイバ全長がセンサとなり、地盤ひずみ量は1m 間隔で約1%まで観測可能である。この方法は、地すべり移動が小さい場合の調査に適している。

もう一つの方法は、光ファイバとバネを組み合わせたセンサを地すべり斜面に埋設し、地すべりの挙動を観測する方法である。このセンサは、光ファイバとバネを組み合わせることにより、地すべり斜面の大きな伸縮移動量を観測可能にしたものである。センサの長さは2m であり、移動量は±100mm まで観測可能である。この方法は、地すべり移動の大きい場合の調査に適している。

前者は、現地試験を終了している。図 8 は、この結果を用いて、地すべりブロック区分を行ったものである。後者は、センサを試作し現地試験を実施中である。

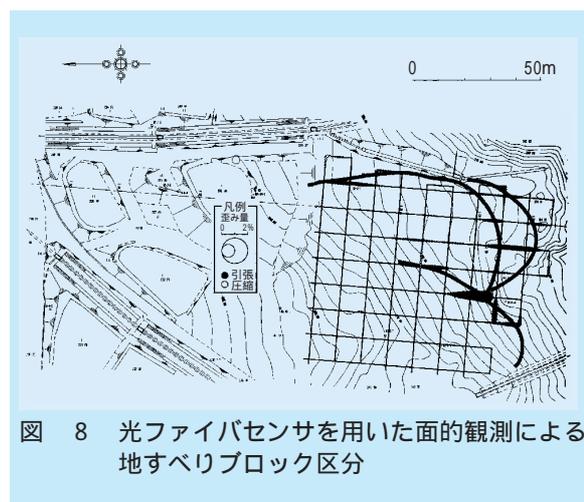


図 8 光ファイバセンサを用いた面的観測による地すべりブロック区分

4. おわりに

本重点プロジェクト研究については、5年間の研究期間のうち4年が経過したところである。今回、これまでに得られた成果の概要を報告したが、近年頻発傾向にある土砂災害の対策の重要性にかんがみ、初期の達成目標どおりの成果が得られるよう引き続き研究を進めていきたい。