4. 豪雨・地震による土砂災害に対する危険度予測と被害軽減技術の開発

研究期間：平成 18 年度～平成 22 年度（一部の研究については平成 17 年度より着手）

プロジェクトリーダー：土砂管理研究グループ長 原義文

研究担当グループ：土砂管理研究グループ（火山・土石流、地すべり、雪崩・地すべり）、
材料地盤研究グループ（土質・振動、地質）

1. 研究の必要性

豪雨や地震により多くの土砂災害が発生し、甚大な被害が生じている。また、平成 16 年の中越地震では、地すべり、斜面崩壊等の多発、大量の不安定土砂の堆積、大規模河道閉塞の発生など、新たな災害形態が生じ、社会的な注目を集めるとともに、緊急対策の実施が迫られた。さらに、今後も集中豪雨の頻発化や発生が懸念されている大規模地震等により、土砂災害による被害の頻発化、甚大化が懸念されている。

一方、膨大な土砂災害の危険箇所に対して、ハード対策の整備水準は 2 割程度という状況にあるが、財政上の制約もあり、急激な整備水準の向上は困難な状況にある。このため、重点的・効率的な土砂災害対策の実施と発災後の被害拡大の防止軽減に向けた技術開発が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

豪雨による土砂災害の発生場所や時期を絞り込むための災害危険度の予測手法の高度化・実用化、中越地震による地すべりの発生機構の解明とそれに基づく危険度評価手法の開発と大規模地震後の流域からの生産・流出土砂量の変化予測手法の開発、さらに発災後の被害拡大防止のための地すべり等に対する実用的な監視手法・応急対策手法の開発を研究範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 豪雨に対する土砂災害危険度の予測手法の開発
- (2) 地震に対する土砂災害危険度の予測手法の開発
- (3) 土砂災害時の被害軽減技術の開発

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 高精度空間情報を用いた崩壊・土石流発生危険度評価手法に関する研究（平成 17～19 年度）
- (2) 道路斜面災害等による通行止め時間の縮減手法に関する調査（平成 18～20 年度）
- (3) 地震に伴う地すべり土塊の強度変化特性に関する研究（平成 17～19 年度）
- (4) 地震時における再滑動地すべり地の危険度評価に関する研究（平成 20～22 年度）
- (5) 地震動による山地流域の安全度評価手法に関する研究（平成 18～21 年度）
- (6) 地すべり災害箇所の応急緊急対策支援技術の開発（平成 17～20 年度）

このうち、平成 20 年度は（2）、（4）、（5）、（6）の 4 課題を実施している。

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 20 年度に実施してきた研究と今後の課題について要約する

4 豪雨・地震による土砂災害に対する危険度予測と被害軽減技術の開発

と以下のとおりである。

(1) 豪雨に対する土砂災害危険度の予測手法の開発

土砂災害危険度の予測手法として、道路の通行止め時間を縮減する手法を開発するという観点から研究を行った。

平成 20 年度は、過去の直轄国道の災害実態に関して収集したデータの分析、道路斜面災害事例の継続的な収集・分析スキームの検討、事前通行規制区間の解除・緩和に関する課題の検討、斜面崩壊確率予測地図作成手法の検討を行った。その結果、1)道路斜面災害事例の収集は国土交通省地方整備局が実施し、土木研究所が災害事例データの提供を受けて分析し、結果を各地方整備局等へフィードバックするスキームで実施することとなり、平成 20 年度から運用を開始した。そのための様式を作成するとともに、併せて災害事例データをサーバに保存し検索・分析するためのプログラムを作成した。2)事前通行規制区間の解除・緩和の検討を行った地区における委員会資料および議事録を分析し、事前通行規制の解除・緩和に関する課題を検討した。その結果、解除が進まない主な理由のうち特定の災害の種類に限定されないものとして、(1)対策完了後の降雨経験を待っている、(2)要対策箇所の対策が未完了である、(3)上方斜面の調査・評価・対策が残されている、の 3 点が挙げられた。これらをふまえ、特に上方斜面の調査および評価のため道路防災マップ等を活用した事前通行規制区間の調査マニュアル(案)を作成した。3)フラジリティーカーブを用いた斜面崩壊確率予測地図作成手法について、災害履歴の少ない地域への適用の検討を行った結果、解析結果では地質の違う地域で差が出たが、実際の災害履歴では大きな差がなく、フラジリティーカーブ作成に用いた崩壊数の差による精度の違いや、谷密度や起伏量といった地形の違いが崩壊傾向に影響を与えている可能性がある。また、崩土到達確率予測システムにおいて、1mDEM を用いた解析を試行した結果、より詳細に崩土到達の範囲が求められることが確認できた。

今後は、国土交通省各地方整備局等の協力を得ながら災害事例の継続的な蓄積・分析を進めていくとともに、事前通行規制区間の調査マニュアル(案)の現場への適用について国土交通本省と調整を行う予定である。崩土到達確率予測システムについては、プログラムを平成 21 年度に公開予定である。

また、事前通行規制や防災事業の効果を判断するための指標として「通行止め時間」を用いて防災対策のあり方に関する研究も実施した。防災事業効果の評価については、防災点検ランク毎の災害発生頻度及び災害発生規模と通行止め時間の関係を用いた簡易評価手法を提案した。事前通行規制基準の適正化については、災害捕捉と規制時間との観点から災害捕捉効率を求めて規制基準値及び降雨指標を設定する手法を提案するとともに、事前通行規制区間の解除・基準緩和の考え方についても整理した。これらの考え方については、「降雨時通行規制基準の適正化マニュアル案(仮称)」に取りまとめるとともに、今後、国土交通省本省および各事前通行規制区間における解除・緩和検討委員会等と連携して、防災対策の進め方や規制基準の適正化に関する検討を進めていく予定である。

(2) 地震に対する土砂災害危険度の予測手法の開発

平成 20 年度から、地震時における再滑動地すべり地の危険度評価法に関する研究を開始し、平成 20 年度は既往の地震時における地すべり災害の実態把握と、地震による地すべり地の危険度評価法の構築に必要な要因等について検討した。前者については、震源断層と地震により発生した地すべりとの関係及び地震による地すべりの危険度評価要因について検討した。その結果、震源断層からの距離・震度・加速度と地すべ

4 豪雨・地震による土砂災害に対する危険度予測と被害軽減技術の開発

り発生との関係、地すべり斜面の開放率が危険度評価に適用できる可能性が明らかになった。後者について、危険度評価法の構築には、①危険度評価範囲の設定手法、②危険度評価要因の特定、③総合的な危険度評価法の提案が必要となるが、平成 20 年度は、①として、震度、加速度、震源断層からの距離と地震で発生した地すべり分布との関係を分析したほか、H19 年度までに得た危険度評価要因と地震時の地すべり発生率との関係を震源断層からの距離毎に分析し、評価対象範囲の検討と合わせて危険度評価要因の妥当性の検討を行った。また、新たな危険度評価要因として、地すべり地形の外縁長に対する侵食谷等の開放地形の占める割合を開放率と定義し、これを要因の一つとして用いることも検討した。

今後は岩手・宮城内陸地震、善光寺地震などの既往の地震による地すべり災害の実態把握を実施するとともに、地震による地すべり地の危険度評価法については、能登半島地震や岩手・宮城内陸地震の事例も加え、震源断層と発生した地すべり分布範囲、危険度評価要因と地すべり発生率との関係を検討し、適用範囲の設定手法をとりまとめる。また、開放率と地震による地すべりとの関係について岩手・宮城内陸地震等を対象として検討を進める。

地震動による山地流域の安全度評価手法に関する研究については、平成 20 年度は、地震動の最大加速度から、発生し得る大規模斜面崩壊の規模を推定する手法について検討するとともに、地震後の降雨、融雪による土砂生産・流出の経年変化の把握を平成 19 年度に引き続き行い、その変化要因の検討を行った。その結果以下のことが明らかになった。①司・翠川の距離減衰式を用いて地震動の最大加速度を推定した結果から、崩壊土砂量を概ね推定することが可能な回帰式を提案した。②平成 16 年に発生した中越地震後の芋川流域においては、地震後約 2 年で、土砂生産・流出量は大きく減少し、新規崩壊よりも拡大および再崩壊が土砂生産源として卓越したこと、そして、地震後の新規崩壊した斜面の形状は、地震前に発生した斜面崩壊の斜面形状と類似した傾向を示すこと等をレーザー計測データに基づき定量的に示した。

今後は、大規模地震を受けた斜面・河道における土砂生産・流出形態とその経年変化要因を反映した土砂生産・流出土砂量予測技術を検討するとともに、地震による土砂災害の規模と地震動の関係の検討を行い、地震による大規模ハザードマップ作成手法を検討する予定である。

(3) 土砂災害時の被害軽減技術の開発

地すべり発生直後には災害の拡大を防止するために迅速な対応が必要であり、そのためには地すべりの滑動状況を速やかに把握し、これを踏まえた迅速で効果的な応急緊急対策工の計画立案と実施が必要である。

地すべり災害箇所の応急緊急対策支援技術の研究では、地すべり災害直後に迅速かつ効率的な応急緊急対応を図ることができるよう、危険斜面の遠隔監視システムの開発、地表面変位ベクトルによるすべり面推定手法の検証と実用化、そしてこれらを活用し、また既往施工実績や効果を反映させた一連の応急緊急対策支援技術の開発を行ってきた。平成 20 年度は、斜面遠隔監視システムの改良、すべり面推定手法の検証と実用化を行ったほか、応急緊急対策として多く用いられている横ボーリング工の施工事例を基に応急緊急対策工の計画立案時の判断材料を検討し、既往地すべり対応事例等の調査結果を反映させた「地すべり応急緊急対策支援の手引き（素案）」を作成した。

地すべり災害箇所の応急緊急対策支援技術の開発に関して、平成 20 年度までに検討し、得られた結果は次のとおりである。①不安定土塊・岩塊や斜面の変位を遠隔から安全に計測する手法（以下「RE・M0・TE2」(Remote Monitoring Technology2) という)を開発した。②地すべり土塊主測線上のいくつかの測点における地表面変位ベクトルから地すべりのすべり面形上を推定する土研式すべり面推定手法の開発・検証と改良を行った。

4 豪雨・地震による土砂災害に対する 危険度予測と被害軽減技術の開発

今後、一連の検討結果とすべり面推定プログラムの利用方法を取りまとめた書籍を出版するとともに、すべり面推定プログラムをダウンロードできるようにし、普及を図る予定である。③応急緊急対策として実施した押え盛土工や横ボーリング工の施工事例や効果分析結果等を基に、地すべり応急緊急対策を行う際の対応の手引き（素案）を作成した。今後は意見照会と必要な見直しを行い、公表する予定である。

今後の課題としては、次の3点が挙げられる。①RE・MO・TE2は技術として確立できたため、今後さらなる普及を図るとともに、使用した結果を評価していく必要がある。②土研式すべり面推定手法については、広くプログラムの使用を促し、計算結果を収集し、評価・検証を加えることが必要である。③地すべり発生後の応急緊急対応事例を基にして効果等を評価し、留意事項等を整理したが、今後発生する地すべりに対してどのような考えでどのような対応を行い、結果としてどうであったかという事例を収集・分析することによって、より具体的な応急緊急対応の手引きになるものとする。これについては、事例分析に必要と考えられる最低限の事項として、対応処置と実施日時、土塊変位量、対応処置決定理由を記録できる地すべり災害対応記録様式を作成した。今後、手引きと併せて意見照会と必要な見直しを踏まえて全国の地すべり所管課へ配布することにより、応急緊急対策の手引き改訂に資することが望まれる。

Development of technologies for predicting or mitigating sediment-related risks posed by severe rainfalls or earthquakes

Abstract : In this study the following studies have been executed 1) The advancement and the practical application of the risk evaluation method to predict the time and the area where rainfall-induced sediment-related disasters occur; 2) the clarification of the mechanism of landslide at the time of the Chuetsu earthquake and the development of the risk evaluation method and the development of the method to predict the temporal change in the sediment yield and discharge from the seismically-disturbed watersheds based on the clarified mechanism; 3) the development of the practical monitoring method and the emergency response method for the prevention of the secondary disasters after landslides and other hazardous phenomena.

Key words : sediment-related disaster, risk evaluation method, regulation time for the road traffic, earthquake-induced landslide, remote monitoring technique, emergency response technique