

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

1. 研究の必要性

平成 16 年には、豪雨・地震等により、過去最多の 2,500 件を超える土砂災害が発生し、甚大な被害が発生した。平成 17 年の台風 14 号でも、土砂災害により多くの犠牲者が生じたが、ここでは避難勧告の遅れが問題となっている。また、平成 16 年に中山間地で発生した中越地震では、地すべり、斜面崩壊等が多発し、不安定土砂が大量に堆積するとともに、大規模な河道閉塞が発生するなど新たな災害形態が生じ、緊急な対策の実施を迫られた。さらに、近年の集中豪雨の頻発化や発生が懸念されている大規模地震により、今後も土砂災害による被害の頻発化甚大化が懸念されている。

一方で、ハード対策による整備水準は、2 割程度のレベルにあるが、財政上の制約等もあり、急激な整備水準の向上は困難な状況にある。同様に、ソフト対策についても、土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域等の指定は土砂災害危険箇所 52 万箇所に対して 1 % 程度の状況にある。

こうした状況下で、土砂災害による被害を軽減するために、ハード・ソフト対策とも整備の重点化効率化と発災後の被害拡大の防止策の確立が緊急の課題となっている。

このため本プロジェクトでは、①豪雨に対す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（豪雨に対する土砂災害危険度予測手法の開発）、②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および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（地震に対する土砂災害危険度の予測手法の開発）、さらに③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・被害軽減手法の開発（土砂災害時の被害軽減技術の開発）のための研究を行った。

2. 研究の成果

（1）豪雨に対する土砂災害危険度予測手法の開発

「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」では、表層崩壊による土石流を対象として、浸透流解析と斜面安定解析を組み合わせた簡易モデルを作成した。その上で、土層厚の空間分布データを用いた「斜面単位の危険度評価手法」及び土層厚の確率分布を用いた広域に適用可能な「溪流単位の危険度評価手法」を作成し、妥当性を確認した。また、過去の深層崩壊事例を分析し、地質および第四紀隆起量に基づく深層崩壊危険地域の抽出を行った。その上で、微地形判読および地形量解析の手法を用いて、深層崩壊危険地域の中から、深層崩壊発生の恐れの高い溪流を抽出する手法の開発を行い、その妥当性を確認した。

「道路斜面災害による通行止め時間の縮減手法に関する調査」では、① 防災マップ等による被害想定手法の提案、② 道路斜面の体系的な点検管理手法の提案、そして、③通行規制基準雨量の適正化技術の提案を達成目標として実施した。

達成目標①、②に関して、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い、以下の結果を得た。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、崩壊位置の座標精度が解析結果に与える影響も大きく、フラジリティーカーブの精度向上のためには崩壊位置座標の精度よい取得が必要である。4)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。上記3)と4)を組合せることにより降雨による崩土到達確率予測地図の作成法を開発した。

達成目標③に関して、道路ネットワークの信頼性を向上させるために必須条件である「通行止め時間」の縮減を達成目標とした目標達成型の防災事業を効率的に進めるため、防災管理方法および防災対策効果の評価に関する技術開発を実施した。この中で、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検討を行った。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。また、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。

(2) 地震に対する土砂災害危険度の予測手法の開発

激甚な揺れを観測した2004年中越地震では、地すべりの急激な滑動によりアクセス道路及びライフラインの寸断や河道閉塞が多発した。このため、地すべり災害は、長期にわたり集落を孤立化させるなど中山間地に深刻な影響をもたらした。そこで、「地震に伴う地すべり土塊の強度変化特性に関する研究」では、2005年度より中越地震を事例として、地形・地質の調査・分析及び地震時の地すべり土塊のせん断強度特性などをもとに、地震による地すべり機構、地すべりの発生条件などについて検討し、地震による地すべりの発生危険度評価方法を作成した。

近年、新潟県中越地震などの激甚な逆断層型地震が相次いで発生し、中山間地域に大きな被害

を及ぼしている。そこで、「地震時における再滑動型地すべり地の危険度評価に関する研究」では、①第三紀層地帯における地震による既存地すべりの再滑動危険箇所マップ作成手法、②モデル地域（新潟県上越地域など）における地震による既存地すべりの再滑動危険箇所マップ試案、③地震による既存地すべりの再滑動危険箇所予測に必要な要因に関わる基礎的情報整備体制などを達成目標としている。①については、新潟県中越地震、能登半島地震など5つの激甚な地震における震源断層からの距離と地すべり発生との関係から、地震時の地すべり発生危険度評価範囲を明らかにした。また、新潟県中越地震と岩手・宮城内陸地震の事例をもとに、地震による既存地すべりの再滑動危険度評価要因を求め、危険度評価法を提案した。②については、新潟県上越地域における地震による既存地すべりの再滑動危険箇所マップ試案を作成した。なお、③については、地震による既存地すべりの再滑動危険箇所予測に必要な要因が、地形図から容易に求められる地すべり斜面の縁辺侵食率と地すべり斜面の標高偏差の2要因であることが分かり、要因を求めるための基礎的情報整備体制について提案する必要はなくなった。

1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震によって山地流域で多数の土砂災害が発生したことから、「地震動による山地流域の安全度評価手法に関する研究」では、大規模地震後の流域からの生産・流出土砂量の変化予測技術の提案を達成目標として研究を実施した。その結果、新潟県中越地震後の芋川流域においては、地震後の降雨・融雪に伴う土砂流出量低減特性が明らかになるとともに、地震後の降雨・融雪に伴う斜面崩壊の発生特性の経年変化についても明らかになり、地震後の流域からの生産・流出土砂量の変化予測のために重要な知見が得られた。

（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、そのためには二次災害の防止を図りつつ地すべりの性状を速やかに把握し、これを踏まえた効果的かつ効率的な応急緊急対策工の計画立案と実施が必要である。そこで「地すべり災害箇所の応急緊急対策支援技術の開発」では、二次災害の防止を図るため、人の立ち入りが困難な危険な斜面や不安定岩塊の変位を安全かつ精度良く計測する手法の開発を行った。また、地表面変位ベクトルからすべり面形状を推定する手法の検証と改良を行った。さらに、地すべり応急対応事例の分析により、地すべり災害直後からの効果的な応急緊急対策計画を立案し実施する手法を手引き（素案）としてとりまとめた。

亀裂や段差などの地すべりの徴候が表れた場合には、応急緊急対策や恒久対策の計画を立案し実行される。その際には地すべりがその後を示す動きを的確に判断することが、二次災害防止や警戒避難の検討にあたって重要である。しかし、地すべりの滑落・崩落危険度を評価する手法として確立されたものはない。「すべり面推定手法の活用による地すべり発生後の移動形態推定手法に関する研究」では、地すべりが動き出した直後の初期段階において滑落・崩落に至る危険度を評価する手法の開発を目的とし、地すべり事例を基にした事例検討や統計分析、地すべり末端部小規模崩落が地すべりの安全率低下に及ぼす影響やすべり面形状との関係分析などの手法を適用して研究を実施した。その結果、滑落・崩落に至る地すべりの素誘因を定量化し、危険度の

判断手法を提案した。また、地すべりの安全率と変位速度の関係などに関する検討により、速度変化に及ぼす安全率低下量について一定の知見を得るなどの成果を得た。

2004年新潟県中越地震や、2008年岩手・宮城内陸地震では、山地流域で多数の河道閉塞（天然ダム）が発生したことから、「地震動による山地流域の安全度評価手法に関する研究」では、河道閉塞（天然ダム）による被害軽減に資するため、天然ダムにおける湛水位監視用の投下型水位観測ブイを新たに開発するとともに、天然ダム監視技術に関するマニュアルを作成した。これらは、2008年岩手・宮城内陸地震で活用され、マニュアルは、2009年5月に国土交通省砂防部から全国直轄事務所、都道府県に配布された。