

2. 大規模土砂災害等に対する減災、早期復旧技術の開発

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：土砂管理研究グループ長 小山内信智

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・地すべり研究センター）、
技術推進本部（先端技術）、地質・地盤研究グループ（地質、土質・振動、施工技術）、
寒地基礎技術研究グループ（寒地構造、防災地質）

1. 研究の必要性

近年、豪雨の発生頻度の増加や大規模地震の発生により、地域に深刻なダメージを与える大規模な土砂災害や道路斜面災害が頻発しており、今後気候変動に伴いこれらの危険性がさらに高まることが懸念されている。平成 23 年は、3 月に東日本大震災、そして、9 月には台風 12 号、15 号に伴う豪雨災害が相次いで発生し、豪雨・地震等に伴う大規模土砂災害や道路斜面災害に対する、大規模土砂災害等発生危険個所の抽出、事前の減災対策、そして、応急復旧技術の開発が求められている。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、深層崩壊及び天然ダムの形成・決壊、火山噴火に起因した土石流・火砕流・融雪型火山泥流、さらには融雪や豪雨に伴う流動化地すべりの他、道路斜面災害として、大規模岩盤崩落や大規模な落石、そして、大規模な盛土災害を対象として、その発生危険個所の抽出、事前の減災対策、そして、応急復旧技術の開発を範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 大規模土砂災害等の発生危険個所を抽出する技術の構築
- (2) 大規模土砂災害等に対する対策技術の構築
- (3) 大規模土砂災害に対する応急復旧技術の構築

3. 個別課題の構成

本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) 大規模土石流・深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害の被害推定・対策に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 火山噴火に起因した土砂災害の緊急減災対策に関する研究（平成 23～25 年度）
- (3) 流動化する地すべりの発生個所・到達範囲の予測に関する研究（平成 23～27 年度）
- (4) 劣化過程を考慮した大規模岩盤斜面の評価・管理手法に関する研究（平成 23～27 年度）
- (5) 規模の大きな落石に対応する斜面对策工の性能照査技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (6) 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (7) 大規模土砂災害等に対する迅速かつ安全な機械施工に関する研究（平成 23～25 年度）
- (8) 大規模な土砂災害に対応した新しい災害応急復旧技術に関する研究（平成 23～27 年度）

このうち、平成 24 年度は(1)～(8)の 8 課題全てを実施している。

4. 研究の成果

本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 24 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と以下のとおりである。

(1) 大規模土石流・深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害の被害推定・対策に関する研究

大規模土石流・深層崩壊・天然ダム等異常土砂災害に対する施設整備や緊急時の危機管理体制を整える等着実

な実施を進めるための研究・技術開発を目的として、本研究課題は、①深層崩壊発生危険箇所・発生規模予測手法の開発、②危機管理ガイドラインの作成、③ハード対策ガイドラインの作成、を達成目標として実施した。

平成 24 年度は、達成目標①の基礎検討として、地形特性が崩壊土砂の挙動に与える影響について検討するとともに、河道閉塞（天然ダム）の堆積勾配について検討を行った。その結果、崩壊土砂の挙動は、河道の地形条件に対する崩壊地からの供給条件の大きさに、影響を受けているものと考えられた。また、既往の天然ダム事例から得られた計測結果では、天然ダムの形状は比高 1m～70m のすべての天然ダムにおいて、下流側堆積勾配は 23° 以下で、概ね全体の 75%程度が 10° 以下であることが示された。

(2) 火山噴火に起因した土砂災害の緊急減災対策に関する研究

平成 23 年 1 月に霧島山（新燃岳）が噴火する等、我が国は活発に噴火を繰り返す活火山を多く有する火山国であり、降灰等の後の土石流、火砕流、火山泥流等火山噴火に起因した土砂災害に対する緊急減災対策に関する研究が必要とされている。平成 24 年度は、降灰等の後の土石流への緊急調査手法の高度化を目的として、①土石流ハイドログラフ推定手法の検討と、②短期的な降灰量の変化と土石流発生降雨量の関係の検討を進めた。その結果、①については、今なお噴火中の桜島において土砂を高濃度に含む土石流の高精度観測に成功するとともに、その結果を踏まえ、従来の土石流ハイドログラフ推定手法の適用可能範囲が明らかになるとともに、ピーク流量については、新たな推定手法の開発が必要であることが示された。一方、②については、平成 24 年度の観測結果からは、短期的降灰量の変化と土石流発生に強くかかわる表面流の発生特性の間には明瞭な相関関係は認められなかった。

(3) 流動化する地すべりの発生箇所・到達範囲の予測に関する研究

地すべり土塊が流動化した場合、被害が通常想定されているものよりも広範囲に及ぶことが予想されるため、行政の関心も高まっている。そこで、雪崩・地すべり研究センターと地すべりチームとの共同プロジェクトとして、流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測に関する研究を平成 23 年度から 5 カ年計画で開始した。

雪崩・地すべり研究センターでは、平成 24 年 3 月 7 日に発生した国川地すべり（新潟県上越市）の事例調査と、融雪地すべりにおける地すべり土塊移動距離の実態調査を実施した。地すべりチームでは、過去の地震によって発生した流動性の高い地すべり・崩壊と平成 23 年東北地方・太平洋沖地震によって発生した葉ノ木平地区地すべりとの発生要因について比較調査を行った。また、長距離を流動した平成 23 年の山形県池ノ台地区地すべり移動機構について、樹脂固定標本による流動土塊底面の堆積構造調査を実施した。

(4) 劣化過程を考慮した大規模岩盤斜面の評価・管理手法に関する研究

大規模岩盤斜面における崩壊に対する評価の精度は依然低く、それに基づく管理手法も万全ではない。

本研究は、精度の高い大規模岩盤斜面の評価・管理手法を開発することを目標として、劣化過程を考慮した岩盤・斜面の長期的な管理手法を検討するものである。平成 24 年度は、昨年度に引き続いて凍結温度の変化による劣化機構の検討、GIS による斜面崩壊履歴と気象データの分析、および遠心力模型実験による亀裂進展の再現試験を行った。その結果、最低凍結温度や既存背面亀裂の位置と方向の違いが、斜面の安定度に影響することなどが推察された。

(5) 規模の大きな落石に対応する斜面对策工の性能照査技術に関する研究

本研究は、大規模土砂災害等に対する対策技術の構築に係る研究として、近年、採用事例が増加している高エネルギー吸収型の落石防護工に求められる機能を明確化するとともに、性能照査技術を確立することを目的に実施している。平成 24 年度は、部材・要素レベルの性能照査技術の開発に関しては、従来型の落石防護工等のワイヤーロープ端部処理として一般的に採用されている巻付グリップに対し、静載荷実験及び衝撃載荷実験を実施し、その耐荷性状について検討を行った。また、構造全体系の性能照査技術・安全余裕度照査技術の開発に関しては、従来型のポケット式落石防護網に対し、エネルギー吸収機構等を詳細に検討するための実規模重錘衝突実験を実施し、耐衝撃挙動について検討を行った。

(6) 道路のり面斜面对策におけるアセットマネジメント技術に関する研究

今後、維持・更新の時代に遷移していく中、道路斜面防災事業においても限られた予算を有効に活用するためには、アセットマネジメントの考え方を導入して、中長期的な展望を踏まえた上での効率的かつ効果的な防災対策を行い、斜面災害の減災を図ることが必要である。このため、本研究では、のり面・斜面の点検・診断技術について地質チームが、対策効果の評価手法・対策の考え方について土質・振動チームが担当して道路のり面・斜面对策におけるアセットマネジメント手法の検討を行っている。

のり面・斜面の点検・診断技術については、平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震による道路斜面災害のうち宮城・福島両県の県管理道路の事例を収集・分析し、災害の特徴と防災上の留意点を整理した。その結果、以下のような防災上の留意点が得られた。1) 地震時の岩盤崩壊は尾根地形で開口亀裂が発達してゆるんでいる箇所、流れ盤構造の箇所、硬い岩盤が相対的に軟らかい地層の上に位置する構造で発生しやすい。2) 斜面縁辺部に位置する盛土で、のり尻が谷底の低地となっていて地盤が軟弱である場合や背後に集水地形があるなど含水状態が高くなりやすい条件の場合には盛土高さがそれほど高くなくても地震時に崩壊や変状が発生しやすい。3) 谷詰め盛土の崩壊や変状は過去の地震でも今回の地震でも発生しており、災害弱点箇所として注意が必要である。4) 道路に隣接する土地の谷詰め盛土は現状の地形を調査しただけでは存在を把握することができない場合もあり、過去の空中写真等によって地形改変の履歴を調査することにより道路に影響が及ぶ可能性のあるものを抽出する必要がある。5) 地震時の地すべりの場合、特に緩傾斜の流れ盤の箇所では必ずしも地すべり地形を呈していないことから、地質構造の把握が重要である。対策効果の評価手法・対策の考え方については、のり面のモルタル・コンクリート吹付工（以下、のり面吹付工という）を代表例として劣化の考え方を整理するとともにモデル路線を選定し劣化に関する事例調査を行った。また、昨年度に引き続きのり面・斜面の表層崩壊に対して段階的に補強して減災を図るために際に有効と考えられる地山補強度工に関して部分補強効果に関する実験的な試算を行い、その効果を確認した。

(7) 大規模土砂災害等に対する迅速かつ安全な機械施工に関する研究

現在、災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されており、雲仙普賢岳等で利用されている。大規模土砂災害等において、この無人化施工技術の適用に関しては、災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって迅速かつ安全な施工技術として期待できるものと考えられる。

無人化施工技術は、土砂災害等発生後の災害緊急対策として、土堰堤工事、除石工事における掘削・積み込み・運搬等の機械施工に遠隔操作による無人化施工が導入・活用されている。

本研究では、災害発生時の対応に関わるプロセスを整理するとともに現場で利用されている技術である遠隔システムの操作性に関する検証を行い、操作性の向上による習熟度の短縮、作業効率の向上、疲労感の低減を目的とし、モニタの配置、操作、今後のシステム改良に向けた検討を併せて行うものである。

本研究報告では、無人化施工に関わる要素技術向上に向けた研究として、土木研究所構内において建設機械に搭乗操作した場合と遠隔操作による作業効率としてサイクルタイムの比較実験の結果を述べるものである。実験は、1年未満の初心者オペレータ（以下、カテゴリ1）、5年以上の経験を持つ熟練オペレータ（以下、カテゴリ2）、熟練したオペレータかつ遠隔操作経験が5年以上のオペレータ（以下、カテゴリ3）を対象に実施し、得られた計測データから熟達による作業効率向上のポイントを考察として述べるものである。

(8) 大規模な土砂災害に対応した新しい災害応急復旧技術に関する研究

本研究では、大規模な土砂災害に対応した災害応急復旧技術の検討を行っている。災害時の応急復旧には、施工の効率性、経済性から大型土のうを用いた復旧が多く現場で採用されている。大型土のうを用いた復旧は、本復旧時に撤去が生じ早期の本復旧の妨げとなること、仮設であるため豪雨や地震等に対する安定性が十分検証されていないことが障害となる。災害時の応急復旧は、本復旧の妨げにならない工法が求められ、筆者らは大型土のうを本復旧へそのまま活用することが効率的な復旧工法になると仮説を立てた。平成24度は、大型土のうがどのような現場条件および制約条件の中で採用されているかを過去の復旧事例より整理・分析した。また大型土のうを存置した復旧工法が本復旧への適用の可能性を遠心模型実験により検証した。その結果、大型土

2. 大規模土砂災害等に対する減災、早期復旧技術の開発

のうは、本復旧時に手戻りが生じることが分かっているにもかかわらず、河川沿いや山地部の制約条件の厳しい場所で多く採用されている。大型土のうを存置した復旧工法は、補強材を設置することにより安定性能を高め、本復旧への適用の可能性が確認できた。

A STUDY ON MITIGATION AND EARLY RECOVERY TECHNOLOGIES AGAINST MASSIVE SEDIMENT-RELATED DISASTERS

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director of Erosion and Sediment Control Research Group
OSANAI Nobutomo

Research Group : Erosion and Sediment Control Research Group (Volcano and Debris flow, Landslide, Snow avalanche and Landslide)
Construction Technology Research Department (Advanced Technology)
Geology and Geotechnical Engineering Research Group (Geology, Soil Mechanics and Dynamics, Construction Technology)
Cold-Region Construction Engineering Research Group (Structures, Geological Hazards)

Abstract : Recent years, massive sediment-related disasters triggered by heavy rains or earthquakes often have occurred and caused such serious damage to local communities that they could no longer recover. The massive sediment-related disasters include deep catastrophic landslides, landslide dam outbreak floods, pyroclastic flows, lahars, mobilized landslides, massive rock avalanches, and massive collapses of embankment. In order to help mitigating or quickly recovering from these kinds of disasters, this study aims at 1) development of technologies to zone hazardous areas prone to massive sediment-related disasters, 2) development of technologies of measures against massive sediment-related disasters and 3) development of technologies on emergency restoration works at the time of disasters. It also aims to contribute to promote disaster mitigation measures against massive sediment-related disasters not only in Japan but also in other Asian countries.

Key words : mitigation, early recovery, massive sediment-related disasters, heavy rain, earthquake