

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対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 23 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 23 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

2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東日本大震災に伴う土砂災害や、2011年台風12号に伴う土砂災害等、近年、深層崩壊やそれに起因する大規模土石流、天然ダムの災害が発生し、甚大な被害が生じている。そのため、事前の施設整備や緊急時の危機管理体制の整備等を着実に進めるための研究・技術開発の進展が必要とされている。また、国の財政状況を鑑み、効率的・合理的に深層崩壊対策を実施するためには、深層崩壊の発生危険箇所・発生規模予測手法が必要不可欠である。

平成23年度は、深層崩壊発生危険箇所・発生規模予測手法の開発のための研究として、レーザー測量データを用い、深層崩壊発生斜面の特徴とされる岩盤クリープ斜面の表面形状把握手法の検討を進めた。その結果、固有値比が最小となるウィンドウサイズに着目した変化率を用いると、浅い谷や遷急線・遷緩線といった岩盤クリープ斜面に特徴的な地形を抽出することが可能である。一方、危機管理技術ガイドライン作成のための研究として、2011年9月の台風12号に伴う土砂災害で実際の天然ダム災害対応で適用された事例を踏まえ、天然ダム堤体からの漏水が著しい場合の天然ダムに起因する土砂災害の発生時期の予測手法の検討を進めた。その結果、台風12号に伴い形成された天然ダムにおける水位変動等の実態が明らかになるとともに、天然ダム堤体の形状変化と漏水状況の間に関連が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

2011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、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。2011年度は、緊急時に情報収集可能な調査・観測技術の開発と粗い火山灰が主に堆積した2011年1月霧島山（新燃岳）噴火後の表面流出、土砂流出特性の解明を目標として検討を進めた。その結果、合成開口レーダ差分干渉処理技術（DInSAR）による降灰深分布把握への適用可能性が確認されるとともに、現地調査、観測によって、霧島山における斜面レベル、流域レベルでの降雨流出応答特性が明らかになった。

(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

流動化する地すべりは、一度発生すると被害が広範囲に及ぶ可能性が高いことから行政も高い関心を持っている。そこで、H23年度から5カ年計画で流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測法を提案するために雪崩・地すべり研究センターと地すべりチームが共同で本研究を開始した。本研究の達成目標は、①流動化する地すべりの発生要因の解明、②流動化する地すべりの発生箇所と到達範囲の予測手法の提案である。H23年度は①流動化する地すべりの要因分析と②発生誘因毎のメカニズム解明について検討するために、東北地方太平洋沖地震による地すべり地での地形・地質・土質調査と地すべり土塊の地震波載荷試験を実施した。

(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、大規模岩盤斜面の評価・管理手法の精度向上を目的に、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23年度は、地質・物理・力学特性等に着眼した文献調査と原位置試験方法の立案、凍結温度の変化による劣化機構の検討、斜面崩壊履歴と気象データ分析に用いるGISデータの作成、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、比較的温暖な地域と極寒地では、凍結融解による岩盤の強度劣化が異なること、背面亀裂の進展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らかにするとともに、性能照査技術を確立することを目的に実施している。

落石防護工に求められる機能の提案に関する研究では、高エネルギー吸収型落石防護柵に対する海外の性能照査基準を収集し照査項目等について調査を行った。また、国内の各種工法については、NETISに登録されている

工法について、性能照査のために実施された実験手法あるいは数値解析手法について調査を行った。これ等の調査結果より、実験的あるいは解析的な性能照査手法において策定すべき照査項目等について検討を行った。

部材・要素レベルの性能照査技術の開発に関する研究では、実験および解析による性能照査手法策定に向けた基礎的検討として従来型の落石防護柵を対象として、金網部に対する静的および衝撃載荷実験を実施するとともに、三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し、エネルギー吸収機構に関する検討を行った。

(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、対策効果の評価手法・対策の考え方について土質・振動チームで分担して、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。平成 23 年度、対策効果の評価手法・対策の考え方については、道路のり面・斜面对策のアセットマネジメントを実施する上での実務上の流れおよび課題の整理、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よる部分補強効果に関する実験検討を行った。また、のり面・斜面の点検診断技術については、22 年度の直轄国道斜面災害などの事例を収集・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) 災害前に変状や災害履歴がある箇所の再被災、小規模な集水地形による崩壊・土砂流出、暗渠の閉塞や道路・水路等の集水による崩壊などは平成 20～21 年度の災害でも見られており、災害弱点箇所として適切に点検し被災原因の究明と対策の検討が必要である。2) 建設時代の新しい切土のり面の崩壊は平成 20～21 年度の災害でも見られているが、軟質な地山が残存している部分での崩壊が多く、工事記録等による地山状況の確認が必要である。3) 河川の増水による道路下方斜面の浸食・崩壊は特に攻撃斜面に相当する場合には注意が必要である。4) 谷埋め盛土の変状・崩壊は東北地方太平洋沖地震だけでなく過去の地震でも見られており、災害弱点箇所として注意が必要である。

(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。

本年の報告では、昨年度に発生した奈良県での深層崩壊による土砂災害現場状況を事例に施工上の危険箇所に無人化施工を導入するプロセス上の課題を整理した。

また、無人化施工に関わる要素技術向上に向けた検討として、建設機械に搭乗して操作を行った場合と現場情報を遠隔地のモニタに表示・操作する遠隔操作システム（雲仙普賢岳で利用されている遠隔システムをベースに土木研究所によって構築したシステム）によって操作を行った場合の操作者（オペレータ）の習熟度、施工効率及び施工精度について検証した。

(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

近年、豪雨や大地震による盛土等の土構造物の災害復旧が長期化し、社会的影響が拡大するケースが目立っている。本研究課題では平成 23～27 年度の 5 カ年の研究目標として、「①盛土等の土砂崩壊の災害復旧事例の分析」「②本復旧の妨げとならない施工方法」「③地震、水、荷重に対する応急復旧工法の安定性の確認」の 3 つを挙げている。今年度（平成 23 年度）は①と③に取り組み、1990 年以降の道路盛土の災害復旧事例の分析

2. 大規模土砂災害等に対する減災、早期復旧技術の開発

と、応急復旧で多用される大型土のう積みの安定性に関する遠心模型実験を実施した。

その結果、災害査定の対象となる道路盛土の多くは、応急復旧に 20 日～50 日間程度を要しており、これを超えて長期化する事例では、崩壊規模以外に迂回路確保の難航が大きく影響していることが確認できた。難航する条件として、沢埋めや沢横断盛土で、被災後に山側に切土できないタイプ、河川沿い道路の災害で、対岸への迂回路が必要となるタイプなどがみられた。また、適用されている災害復旧工法については、応急復旧では切土（迂回路の確保等）と大型土のう積み、本復旧ではのり尻部へのふとんかご（盛土排水対策）、補強土盛土が多用されていることがわかった。

大型土のう積みの遠心模型実験（1:0.5 の積み勾配、高さ 5, 10, 15, 20m の盛土の前面に設置）においては、背面側の盛土からすべりが生じる崩壊形態をとること、背面盛土の排水状態の良否が、特に 10m を超える規模では、常時及び地震時の安定性の程度に大きく影響することが確認され、安全な応急復旧、本復旧土構造物の強化復旧を図るうえで、排水対策の充実が重要事項であることが把握できた。

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