

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23～27年度）
- (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（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）
- (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23～27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25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25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25年度は、2011年台風12号によって紀伊半島で発生した深層崩壊19事例に対して、崩壊前後のLiDARデータ（一部空中写真測量）による数値地形モデルおよびボーリング調査結果を用いて、詳細なすべり面形状の推定と崩壊土砂量等の分析を行った。

また、2012年にインドネシアのアンボン島において発生、2013年に決壊した天然ダムについて、国土交通省と協力しつつ、インドネシア政府に対して警戒避難体制に関する測定機器の貸与と技術的な助言を行った。天然ダム越流決壊前の適時に下流域の住民を避難させ、集落は破壊されたものの死傷者をほとんど出さない、天然ダム災害史上画期的な警戒避難の成功に寄与するとともに、調査事例が少ない天然ダム決壊後の下流の状態について、天然ダム越流決壊後の土石流堆積物の粒径などの材料調査などを実施した。

(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25年度は、桜島において土石流底面荷重を用いた土石流の流動中における高精度観測を昨年度に継続して実施し、単位体積重量や土砂濃度について詳細な時系列データの取得に成功した。

また、火砕流堆積物の熱が火山泥流発生に与える影響を知るため、2010年10月にインドネシア・ムラピ火山で定点観測した火砕流堆積物表面の温度変化の計測値について整理した。

(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。

平成25年度は、雪崩・地すべり研究センターでは、到達距離の長い融雪地すべりの発生箇所の検討を進めるとともに、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）の運動特性の詳細な解析と国川周辺の地すべり地形の解析、及び平成23年度に実施した地震波載荷試験結果のさらなる検討を行った。地すべりチームでは、火山灰被覆丘陵において地震を誘因として発生する崩壊性地すべりの発生危険度の評価方法、崩壊性地すべりの恐れのある斜面の抽出方法について検討を行った。

(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25年度は、岩石の凍結融解による強度低下と関係する動弾性係数などの物性値の調査、背面亀裂を伴う岩盤崩落を模した遠心力模型実験による再現試験、および劣化過程を考慮した安定性能曲線についての課題抽出を行った。その結果、堆積岩に分類される岩種が凍結融解の影響を受けやすいことや、亀裂周辺の弾性係数の低下やその厚みが岩盤崩落に影響すること、および安定性能曲線を作成するための課題を明らかにした。

(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。

H25年度は、従来型のポケット式落石防護網の構成部材のエネルギー吸収量の算定や数値解析における

2. 大規模土砂災害等に対する減災、早期復旧技術の開発

材料構成則等の設定を目的として、実規模の静的載荷実験および重錘落下衝撃実験を実施し、その挙動について検討を行った。

また、過年度に実施した実規模重錘衝突実験を対象に、三次元弾塑性衝撃応答解析を実施し、解析手法の妥当性について検証するとともに、エネルギー吸収機構等についても検討を行った。

(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。

平成25年度は、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岩手・茨城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。対策効果の評価手法・対策の考え方については、平成24年度に引き続きのり面のモルタル・コンクリート吹付工（以下、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、被災事例分析を踏まえて過去の設計・施工上の課題と対応の考え方について検討を行った。

(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。

本報告は、平成25年度に実施した内容を踏まえ、これまでに実験によって得られた基礎データに基づき、無人化施工技術において実作業現場で作業効率を評価することの難しさを述べ、次いで、作業効率評価のために現場での掘削作業を想定した繰り返しが可能な無人化施工技術（施工効率・ヒューマンファクター等）を評価するための標準的なモデルタスクを提案した。また、これを用いた実験の内容を示して、その有効性につい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25年度は、実際の被災現場をイメージし、災害現場で多い地山の近接した条件や、上載盛土を有する条件を想定した本復旧の動的遠心載荷模型実験を行い、本復旧の変形挙動や安定性能について確認した。結果、地山が近接した条件では変形量は多いものの、安定補助工法である補強土の機構に沿った樽型の変形モードが見られ、補助工法の有効性が確認された。一方、上載盛土があると、最上段の大型土のうが大きな変形を示し、補強土工法の効果が十分に発揮されず、対策が必要なことを確認した。

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