

大規模土砂災害等の減災に向けて

—土砂災害の予測・監視・警戒避難の高度化への取り組み—

小山内信智* 石塚忠範** 武士俊也*** 野呂智之****

1. はじめに

昨年、2011年は毎年発生するタイプの土砂災害に加え、1月の霧島山新燃岳噴火に始まり、3月11日の東日本大震災、そして9月の紀伊半島豪雨災害における多数の天然ダムの形成といった、あらゆる“大規模な”災害が集中して発生した異常ともいえる年であった。また、そのような災害が大きな被害を発生させる中で「想定外」という言葉もしばしば用いられた。確かに、これまでの被害を封じ込めるための防災事業の対象からは超過する規模ではあったが、土砂災害の現象としては必ずしも「想定外」であったわけではない。噴火後の土石流、地震による斜面崩壊・地すべり、異常豪雨による深層崩壊、またそれらの結果として発生する天然ダム、いずれもこれまでに一定の調査・研究が続けられてきた現象である。もちろん、メカニズムが十分に解明されていなかったり、効率的なハード対策を実施できる環境にはなかったことなど、「防災のための資源」を投入することが困難な状況ではあったが、今後その頻度が増加するのであれば、あるいは災害の形態が変質していくのであれば、正面から向き合っていく必要が生ずることになる。一方で、通常タイプの災害への対策も十分とはいえない中では、“減災”の意識を持つことが重要であろう。

本稿では、大規模な土砂災害等に対して“減災”を図るために、現在取り組んでいる幾つかの研究・技術開発の事例についてご紹介したい。

2. 天然ダム決壊災害への緊急対応技術

2.1 天然ダム決壊後の土石流氾濫区域の推定技術

2011年5月の土砂災害防止法の一部を改正する法律の施行に先立ち、法に定められた天然ダムの決壊による土石流および火山噴火の降灰後の降水による土石流を対象とした、緊急調査の初動期における調査手法等¹⁾を手引きとしてまとめるとと

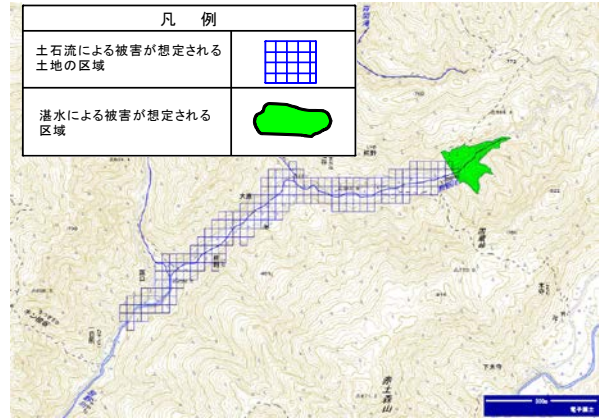


図-1 熊野地区における土砂災害緊急情報(9月8日発表)

もに、土石流の氾濫が想定される区域を推定する技術を開発した²⁾。本章では、このうち天然ダム対応に同技術を活用した事例を紹介する。

2011年9月初旬に上陸した台風12号により、奈良県および和歌山県で土石流や斜面崩壊とともに、大規模な天然ダムが形成され、天然ダム決壊による土石流の発生が懸念された。国土交通省近畿地方整備局は、土砂災害防止法の要件を満たす5箇所の大規模な天然ダムを対象として緊急調査に着手した。土砂災害防止法改正後初めての緊急調査の事例となる。手引きの調査手順に従って、ヘリコプターから手持ちレーザー距離計で天然ダムの形状を計測した後、その値を使い土石流の氾濫想定区域を推定する等、土木研究所が開発した緊急対応技術が活用された。推定した区域は、避難の勧告や指示に資するように、関係する県や市町村へ土砂災害緊急情報として通知され、また、一般にも周知された(2011年9月8日、12日、15日国土交通省記者発表資料参照)。

2.2 土研式水位観測ブイ(投下型)の開発

天然ダムが決壊に至る型のうち、天然ダム土塊上流の湛水位が上昇し、越流水が土塊を侵食することで下流域に土石流被害を発生させる越流侵食型の決壊は、過去の事例の大半を占める。そのため、湛水位を計測することで、越流が始まる時期を予測することは重要である。山地で天然ダムが発生した場合、周辺の地形が急峻である上に、道

Recent development for a large-scale sediment-related disaster



写真-1 土研式水位観測ブイ (投下型)
(左：センサー概観、右：実際の設置状況)

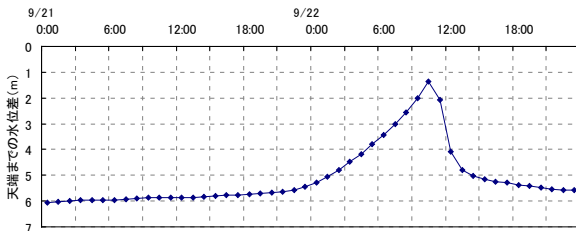


図-2 赤谷における水位観測ブイによる水位の変化

路が通じていないこと（斜面崩壊等で寸断されている場合もある）、資機材の陸送が困難であること、データ伝送設備がないこと等の問題を解決しなければ、湛水位の計測は不可能である。この対策として、2008年の岩手・宮城内陸地震に際して、天然ダムの湛水位を計測するために、ヘリコプターで空輸し設置できる水位計（土研式水位観測ブイ（投下型））を開発した³⁾。

2011年台風12号による土砂災害においては、緊急調査の対象天然ダムのうち4箇所（赤谷、長殿、栗平、熊野）で、土研式水位観測ブイを空中からの投下により設置した（写真-1）。図-2に台風15号が通過する際の赤谷地区の天然ダムの湛水位計測結果を示す。天然ダムの湛水位は9月22日の未明から徐々に高くなり、同日10時以降に急激に減少した。越流が始まり天然ダムが侵食されていることが推察されたが、台風通過後に実施されたヘリ調査では、実際に越流侵食が生じていたことが明らかになっている。図-2では、想定天端高に到達せずに水位が減少に転じているが、これはブイにより計測された水深を水位に変換する上で必要となる天端標高の測定において、複雑な形状を対象に測定していることなど、いくつかの誤差要因があったためである。

3. 大規模地すべりの減災技術

3.1 大規模地すべりの減災に向けて

大規模地すべりによる人的被害を最小限にする



写真-2 白河市葉ノ木平地区



写真-3 白河市小田川北ノ入地区

ためには、発生個所の予測手法の高度化や発生した場合に適切な対応が可能となるように効果的な監視体制を構築するなど、警戒避難を的確に実施する技術を進化させていくことが重要である。

3.2 流動化する地すべりの発生箇所の予測

地すべりの中には、長距離を流動して被災範囲が広範囲におよび大きな災害になるものが少なからず存在する。このような地すべりに対しても、警戒避難を的確に実施できるよう、流動化する地すべりの発生箇所の予測及び地すべり土塊の到達範囲の予測について研究を行っている。

平成23年3月11日に発生した平成23年東北地方太平洋沖地震では、東北地方から関東地方にかけて、多数の地すべり・斜面崩壊が発生した。特に福島県白河市周辺で多発しており、葉ノ木平地区（写真-2）では甚大な被害（死者13名、全壊家屋10戸）が発生した。白河市で発生した地すべりには、土塊が攪乱されて流動化し、移動距離が比較的長い、または、土塊が側方にも広がるという共通した特徴が見られた。

地すべり発生箇所周辺の地質を調査した結果では、地すべりで移動したのは表層の5～10mの風



写真-4 地上設置型レーザースキャナによる斜面の変形計測

成火山灰層であり、すべり面は砂質土/粘性土の境界となっていた。また、周辺地形を調査したところ、凸型斜面より谷型斜面で発生したものの方が、土塊の移動距離が大きい傾向が見られた(例：北ノ入地区：写真-3)。

現在、このような地形・地質的な要素と土塊の攪乱(流動化)・長距離移動との関係に着目し、地すべりが発生した斜面の特徴や流動化したメカニズム等の調査を進めているところである。

3.3 地すべり斜面の監視技術

斜面に亀裂や段差など地すべりの徴候が生じた場合には、その動きを監視するとともに、滑落・崩落に至る危険度を的確に評価することが重要である。地すべりが滑落・崩落に至る過程において、土塊の変形、歪みの蓄積、末端部付近でのほらみだしや小規模な崩落などの現象を的確に捉えることが警戒避難に資するものであると考えられる。このため、地すべりが危険な状態になる前に生ずる特徴的な変位・変形過程を明らかにし、これの計測・監視手法に関する研究を行っている。

地すべりの滑落・崩落に対する危険度を評価する上で特に重要と考えている地すべり末端部の変形計測手法として、これまでに地上設置型レーザースキャナ(写真-4)により取得した地形データの差分処理による手法を開発し、現地計測により変形量とその範囲の把握を目的とした実証試験を行っている。

現在、地上設置型レーザースキャナによる面的変形計測や、IT地盤傾斜計による地盤傾斜計測などを複合的に活用した斜面変位の計測・監視技術、並びに地すべり土塊の変形過程等に関する調



写真-5 秋田県仙北市乳頭温泉における雪崩災害状況

査を進めているところである。

4. 近年の雪崩災害事例と新たな課題

4.1 雪崩・地すべり研究センターの防災支援活動

温暖化の進行が指摘されている今日においても雪崩災害は発生し続けている。雪崩災害は大規模な土砂災害や洪水、地震と比較すると1件当たりの被害は小さいものの、毎年多数の災害が発生しており、過去10年間に55件の雪崩死亡事故が発生し89人の方が亡くなっている。また雪崩災害は、人命以外にも住宅・施設の損壊、避難、交通の遮断、山間集落の孤立等の被害を発生させている。

雪崩・地すべり研究センター(以下、センター)では、雪崩災害発生時には速やかに現地調査を実施し、対策のアドバイス等を行ってきた。以下に、新潟県、長野県を中心に近年発生し、センターが対応した雪崩災害事例とそこから見えてきた新たな課題について述べる。

4.2 秋田県仙北市 乳頭温泉(写真-5)

この雪崩災害は平成18年2月10に発生した。雪崩の規模は幅200m、長さ100mで、温泉施設の裏山で発生し温泉施設を襲った。この雪崩によって1名の方が命を失い、16名が負傷し、温泉施設の一部が破壊された。

現在では、裏山で雪崩が発生するのを防ぐために雪崩予防施設が設置されている。

4.3 長野県山ノ内町 志賀高原(写真-6)

この雪崩災害は平成22年2月6日に発生した。雪崩の規模は幅30m、深さ120~150 cm、長さ200mであった。この雪崩によって麓のホテルの駐車場に駐車してあった乗用車とバスが流され被



写真-6 長野県山ノ内町志賀高原における雪崩災害状況



写真-7 長野県北部地震による雪崩の発生状況

害を受けた。また、流されたバスがホテルに衝突したため窓ガラスが割れ、宿泊客2名が負傷した。応急対策として作成された雪堤や後に施工された雪崩防護堤の設計においてセンターが雪崩発生区で行った調査結果が活用された。

4.4 長野県北部地震に伴う雪崩災害(写真-7)

東北地方太平洋沖地震の翌日、平成23年3月12日未明に発生した長野県北部地震によって長野県下水内郡栄村、新潟県中魚沼郡津南町、新潟県十日町市等において複数の雪崩が発生した。また、この地震によって多くの土砂災害も発生しているが、堆積物において土砂と雪が混合した状態も多く見られたのが特徴である。雪崩によって多くの通行止めが発生しており、多雪地域の積雪期にお

いて地震が発生した場合、後の救助、避難、復興において大きな支障となることが明らかとなった。

雪崩と地震の関係については、研究事例も少なく不明な部分が多いため、今後基礎的な研究から取り組んでいく必要がある。

5. おわりに

これまで、被害・影響が大きいとしても、頻度が小さいために事前対策に関する計画の立案が極めて困難であった現象が、近年、現実にも幾つも発生している。当然、現実問題に対しては、解決手段を求められることになる。大規模な現象に対しては、ソフト対策が主体となると考えられるため、現在、発生個所の特定、発生予知、被害範囲の推定、といった技術の高度化に努めているところである。しかしながら、ソフト対策は現地の住民や市町村の防災担当者等の「人」により大きな負担を要求する手法であることを考えると、完全な被害の防止までは困難にしても、一定の効果を期待できるハード対策のあり方についても検討を進める必要があると考えている。

参考文献

- 1) 内田太郎、吉野弘祐、清水武志、石塚忠範、小竹利明：長距離レーザー距離計を用いた天然ダム形状の計測、土木技術資料、第53巻、第5号、pp.22~25、2011
- 2) 内田太郎・山越隆雄・清水武志・吉野弘祐・木佐洋志・石塚忠範：河道閉塞(天然ダム)及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法、土木技術資料、第53巻、第7号、pp.18~23、2011
- 3) 伊藤洋輔、山越隆雄、田村圭司、成田秋義、高橋伸忠：河道閉塞緊急監視のための土研式投下型水位観測ブイ、平成21年度砂防学会研究発表会、264p、2009

小山内信智*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ長
Nobutomo OSANAI

石塚忠範**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 上席研究員
Tadanori ISHIZUKA

武士俊也***



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム 上席研究員
Toshiya TAKESHI

野呂智之****



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター 上席研究員
Tomoyuki NORO