

越美山系砂防管内における深層崩壊に起因する土砂災害に対する施設効果の検討

越美山系砂防事務所 ○田村毅、柘植貢、笠井良彦

独立行政法人土木研究所 内田太郎、西口幸希

日本工営（株） 飯沼達夫、田中義朗、村松広久、太田敬一

1. はじめに

本報告の対象地域である越美山系は、根尾谷断層などの活断層に区切られた複雑かつ脆弱な地質構造であり、ナンノ谷崩壊、徳山白谷崩壊、根尾白谷崩壊など崩壊土量が 100 万 m^3 を超える大崩壊の実績も多いことから、深層崩壊による土砂災害のポテンシャルが高い地域であるといえる。

これまで、(独)土木研究所により深層崩壊のおそれの高い溪流を抽出する手法が提案され、その手法による抽出作業が進められている。さらに近年、深層崩壊に起因する土石流や天然ダムについては、流下過程や影響範囲を予測するために数値シミュレーション手法が提案され、比較的精度良く現象が再現できるようになってきた（例えば、西口ら、2010）。しかし、これまでの調査・研究は、現象や被害の予測手法を検討するものが大半で、対策手法を検討したものはほとんど見られない。

そこで、本報告では、近年開発された深層崩壊のおそれのある溪流の抽出手法、深層崩壊に起因する土石流・天然ダムの被害推定手法に、従来からある施設の安定性評価手法を組み合わせることで、深層崩壊に起因する土砂災害に対する施設効果の評価手法を新たに提案し、その実用性の検討を行った。



写真-1 徳山白谷崩壊地

2. 深層崩壊のおそれのある溪流・斜面および崩壊規模の推定

2.1 対象溪流の絞り込み

検討対象とする溪流は、施設の効果検証の観点から、(独)土木研究所の「深層崩壊の発生のおそれのある溪流抽出マニュアル(案)」により抽出された深層崩壊発生危険度が高い溪流の中から、人口集中地区及び緊急輸送路への直接的被害や、砂防施設の計画の有無に着目して絞り込んだ。

2.2 対象斜面の選定および規模の推定

絞り込んだ対象溪流毎に、レーザプロファイラ測量図を用いた詳細な微地形判読と現地調査を行い、既往の深層崩壊地（ナンノ谷）で見られた特徴を有している斜面が深層崩壊のおそれが高いと考えて、対象斜面の選定と崩壊規模の推定を行った。具体的には、複数の「小崖地形・二重山稜」を有する山頂緩斜面や、斜面中腹部に複数の「岩盤クリープ」「クラック」が見られる斜面を選んだ。

3. 数値シミュレーションによる被害予測

深層崩壊に伴う被害予測を行うため、選定した対象溪流・斜面に対し、深層崩壊に伴い土石流として流下するタイプと（土石流タイプ）、天然ダムを形成した後、その後の決壊によって流下するタイプに分類し（天然ダムタイプ）、タイプ毎にそれぞれ数値シミュレーションを行った。土石流タイプの場合は西口ら（2010）による手法に従い、一次元河床変動計算プログラム（KANAKO ver. 1.43、(財)砂防・地すべり技術センター）を用いたシミュレーションによる被害予測を行い、天然ダムタイプの場合は二次元氾濫計算プログラム（J-SAS、同）を用いたシミュレーションによる被害予測を行った。土石流タイプの場合は溪流毎に3箇所の斜面を選定し、斜面毎に深層崩壊の規模を大（推定崩壊土量全量）、中（大の2/3の土量）、小（大の1/3の土量）の3段階設定し、規模毎の保全対象に対する被害予測を行った。その結果、深層崩壊の発生箇所に保全対象が近く深層崩壊の規模が大きい程、被害が生じる結果となった。一方、天然ダムタイプの場合は溪流毎に1箇所の斜面で、深層崩壊の規模は大（推定崩壊土量全量）、中（大の1/2の土量）の2段階設定してシミュレーションを行った結果、いずれの溪流でも被害が生じる結果となった。なお被害予測のシミュレーションに際し、事前に粒径や土砂の堆積濃度などのパラメータの違いによる予備計算を実施し、その結果と現地状況との整合性を図ることで解析精度の向上を図った。

4. 施設による被害低減効果の予測

4.1 氾濫範囲の縮小効果

深層崩壊の発生に伴い保全対象に被害の発生する溪流・斜面に対し、現在計画されている施設の効果を検討するため、プログラムに具備された施設のモデルを用いて施設による被害低減効果の予測を行った。ここでは選定した図-1に示す溪流（土石流タイプ）の結果を示す。図-2は保全対象の箇所における施設の有無による流動深の時間的な変化を示したものであり、施設のある場合の流動深は保全対象の河床高よりも低くなり被害が抑制されていること、また流動深の遅延効果が発揮されていることが示されている。また図-3は保全対象の周辺における施設の有無による氾濫範囲の違いを示したものであり、施設により氾濫範囲の縮小が示されている。このような施設の効果について、この溪流の深層崩壊の規模および施設の条件毎の被害の有無をまとめたものを図-4に示す。この溪流

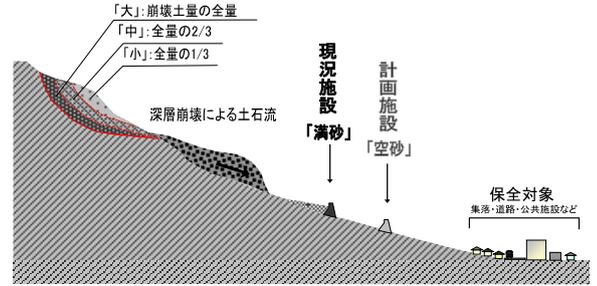


図-1 選定した溪流の施設の配置イメージ

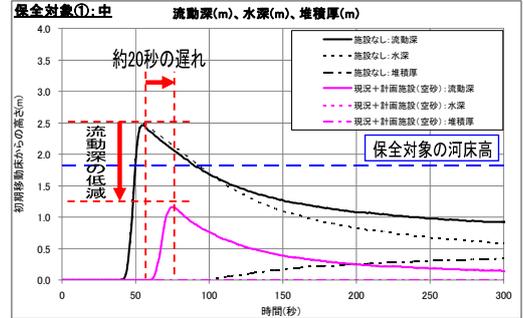


図-2 流動深の変化

のシミュレーション結果によれば深層崩壊に対する施設効果は①深層崩壊の規模に関わらず、計画施設が空砂の場合は保全対象に被害は生じない、②計画施設が満砂の場合は、小規模な深層崩壊以外は被害が生じる、という予測結果となった。

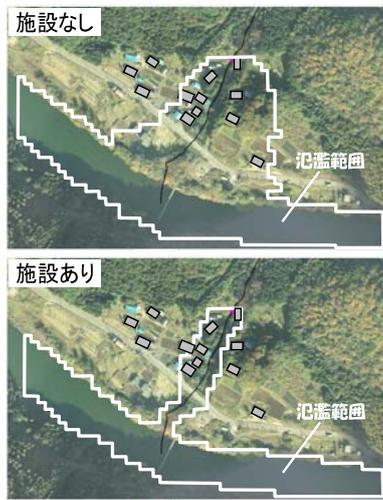


図-3 氾濫範囲（大規模の場合）

4.2 施設の安定性検証

施設効果を期待できたケースについて、計画施設（不透過型 H=14.5m）に深層崩壊による土石流荷重を作用させて安定計算を行った。検討ケースの荷重条件及び安定計算結果を表-1に示す。安定計算は現行設計基準

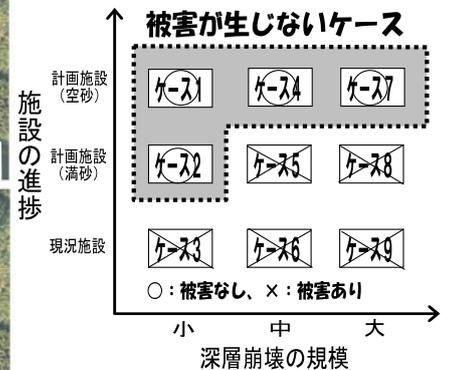


図-4 検討結果のまとめ

による照査に加えて、堰堤天端に土石流せん断力を作用させた場合（満砂時：深層崩壊対応）を照査した。土石流せん断力 τ_x の算定式を図-5に示す。安定計算結果より、現行設計基準に照らせば中規模の深層崩壊による土石流までは安定する結果となった。一方で満砂時に中規模の土石流せん断力が作用する場合は不安定の結果となった。これは現行設計基準による土石流流体力 133.3kN/m に比べ、土石流せん断力は 230.1kN/m と大きな荷重となることに起因していた。

表-1 荷重条件及び安定計算結果

検討ケース	深層崩壊規模	荷重条件図	安定計算結果		
			滑動	転倒	支持力
1	小	現行設計基準（未満砂）	○	○	○
4	中		○	○	○
7	大		×	×	×
2	小	深層崩壊対応（満砂）	○	○	○
5	中		○	×	×
8	大		×	×	×

5. おわりに

近年開発された深層崩壊に関する調査技術や数値計算手法に、従来の施設の安定性評価手法を組み合わせることで、深層崩壊に起因する土砂災害に対する施設効果評価手法を新たに提案し、具体的な現場に当てはめて検討した結果、実用性を確認することができた。

【参考文献】

西口幸希・内田太郎・田村圭司・里深好文：深層崩壊に起因する土石流の数値シミュレーション手法、土木技術資料、Vol.52、NO.11、2010

図-5 土石流せん断力 τ_x の算定式

$$\frac{\tau_x}{\rho h} = \frac{u\sqrt{u^2 + v^2}d^2}{8h^3 \left\{ C + (1-C)\frac{\rho}{\sigma} \left[\left(\frac{C_*}{C} \right)^{1/3} - 1 \right]^2 \right\}} \quad C \geq 0.4C_*$$

$$U = \frac{2}{5d} \left[\frac{g \sin \theta}{a \sin \alpha} \left(C_d + (1-C_d)\frac{\rho}{\sigma} \right) \right]^{1/2} \left[\left(\frac{C_*}{C_d} \right)^{1/3} - 1 \right] h^{3/2}$$