

P 13. 土層強度検査棒を用いた危険斜面抽出方法

Evaluation of Slope Stability Based on the Soil Strength Probe

○金井哲男, 浅井健一, 佐々木靖人, 水法哲 (国研) 土木研究所
Tetsuo KANAI, Kenichi ASAI, Yasuhito SASAKI, Satoru NORIMIZU

1. はじめに

近年、直轄国道で発生した災害は、そのほとんどが表層崩壊である(図-1: 平成3年~平成

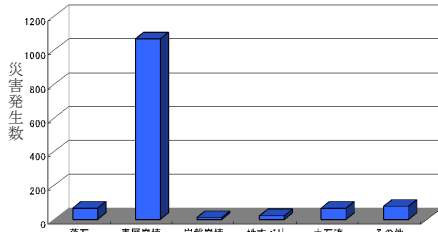


図-1 15年間に発生した災害数と災害種別¹⁾

17年国道災害比率)¹⁾。このことについて佐々木(2013)²⁾は、効率的な調査方法・評価方法が乏しいことが原因の一つであるとしている。

そのため本研究は、直轄国道斜面災害の大半を占める表層崩壊について、危険斜面抽出率の向上を目的として、現場で簡単かつ定量的に判断できる土層強度検査棒を用いた崩壊危険性評価方法を提案する。



図-2 土層強度検査棒

2. 研究方法

土層強度検査棒(特許第3613591号:以下土検棒と称する)は、複雑な山地斜面の土層深分布を簡単に把握する試験法として提案された³⁾。土検棒は、直径1.5cm, 先端角度60°の先端コーンを用いて静的に貫入しないしせん断することで、土層深(限界貫入深度試験)や土層の強度(ペンコーンせん断試験)等を測定する装置である。本研究では、これらの試験のうち限界貫入試験(図-2)を用いた簡単な評価法を提案する。なお、本研究は、H23 紀伊半島大水害・H21 中国九州北部豪雨で発生した直轄国道災害箇所(まさ土分布域:18地点)を対象に実施したものである。

3. 土検棒を用いて崩壊深度を推定できるのか。

1) 土検棒による崩壊深の推定精度

表層崩壊の崩壊面は、せん断強度や透水性の不連続面に形成される場合が多い。そのため崩壊面は、強度

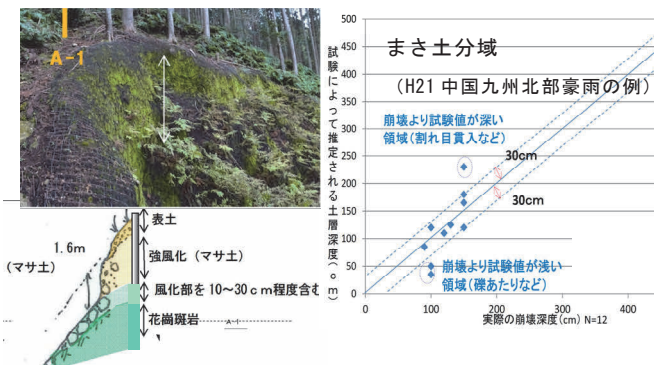


図-3 土検棒試験箇所の土層構成

図-4 土検棒の推定深度と崩壊深度の関係

境界となっていることが多く、検土杖貫入時の限界深度に近い値を示す場合があることが指摘されている⁴⁾。土検棒は、検土杖と似た形状であるため、実際の崩壊箇所の滑落崖や側方崖近傍において土検棒の限界貫入深度を測定し、実際の崩壊深度と比較した(図-3)。検討の結果、対象地域の試験結果は、土検棒の限界貫入深度と崩壊深度との差が小さく、両者の相関性も高いことが確認された(図-4: H21 中国九州北部豪雨事例)。

2) 土検棒で崩壊深が推定しにくい条件

ただし、本手法は、現場条件によっては適用の難しい場合がある。対象130地点における試験の結果、土検棒による崩壊深度の測定誤差は、図-5に示す土層構造や崩壊機構を呈する箇所で大きいことが確認された。そのため本手法の適用時には、踏査結果や空中写真判読、松澤(2015)⁵⁾の斜面区分と土層構成の関係(遷急線による斜面区分と崩壊形態の関係)等を参考にして事前検討を行い、図-5の条件を有する斜面である可能性が高い場合は、推定崩壊面深度に誤差を多く含むことに留意しておく必要がある。

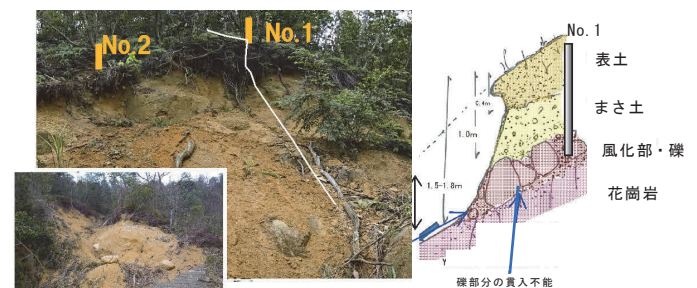
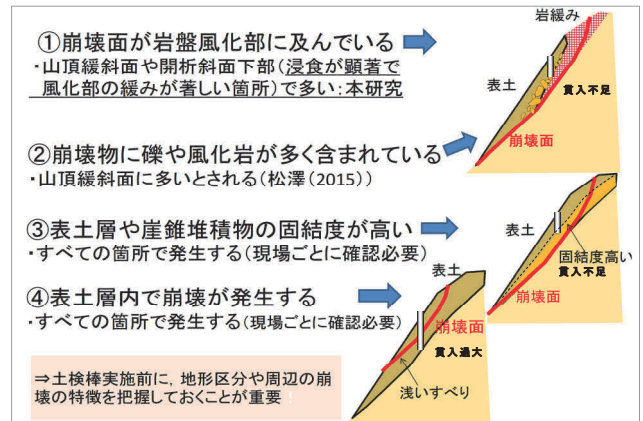


図-5 土検棒で崩壊深度が推定しにくい事例

4. 崩壊危険性評価の手順

この手法は、土検棒で推定した土層深と斜面勾配のデータを飯田(2012)⁶⁾の土層深/斜面勾配図(ここでは崩壊危険性評価図と称する)にプロットし、斜面の潜

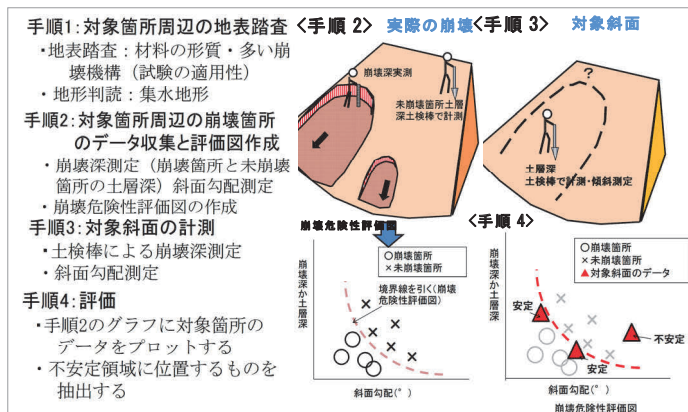


図-7 崩壊危険性評価手順

在的な崩壊危険性を評価する。評価手順は、最初に対象斜面周辺の崩壊跡から実際の崩壊深度と未崩壊箇所
の土層深および斜面勾配を測定する。その後、そのデータに基づいて不安定領域と安定領域を設定し、両者の境界線を無限長斜面の安定計算によって得られた適切な崩壊面強度を用いて決定する(図-7左下:崩壊危険性評価図の作成)。次に評価したい斜面の斜面勾配と土層深(土検棒試験)を計測し、先ほどの図にプロットすることで斜面の危険性を評価する(図-7右下)。

5. 評価結果と検証

検証は、この地域の道路に平行に配置した2測線(長さ各150m程度:2m間隔で試験:合計150地点)で実施した試験結果を用いて行った(図-8)。図-9は、周辺地域の実際の崩壊跡から取得したデータをもとに作成した崩壊危険性評価図(境界線のみ)に土検棒の試験値をプロットしたものである。図中の”×”は、崩壊地形の滑落崖や側方崖および明瞭な段差地形の近傍で取得した不安定な箇所のデータであり、”△□○(図中凡例参照)”は安定な斜面のデータである。検証の結果、不安定斜面の捕捉率は、94%であり、空振り率(安定な斜面が不安定領域にプロット)は、51%(崩壊跡12% 崖錐堆積物69% その他47%)であった。なお、空振り率は、崖錐堆積物が厚く分布している斜面で高い傾向が確認された。空振り率が高い原因は、本手法が対象地域の崩壊すべてについて同じ崩壊面強度を有すると仮定していることや崩壊危険性評価図作成に用いる崩壊跡データには、間隙水圧の上昇に伴い不安定化したものだけでなく、地表水集中に伴うガリー浸食などで表土の薄い箇所が不安定化した事例が含まれている(図-9参照)ためであると考えられる。さらに、ロームの分布する尾根など斜面勾配は緩いが表土層が厚

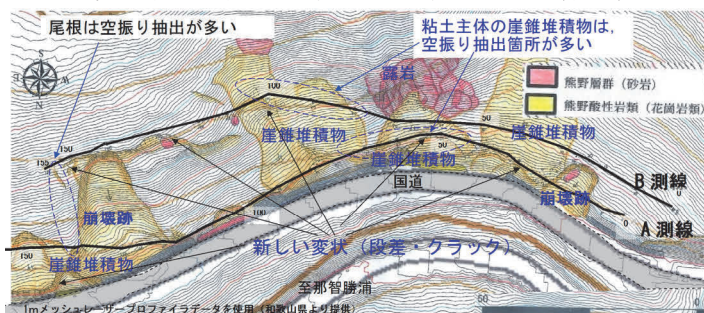


図-8 検証で用いた試験箇所の測線配置図

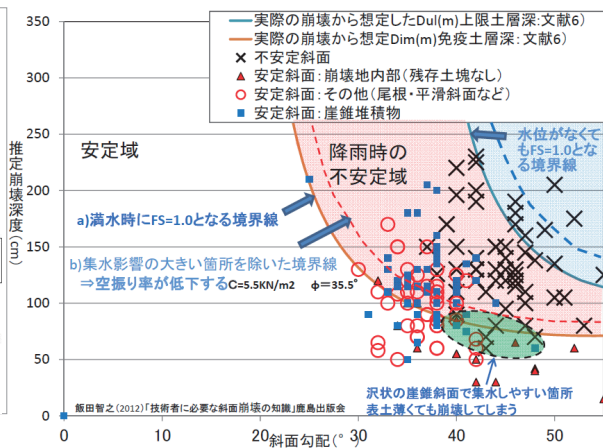


図-9 検証結果(崩壊危険性評価図へのプロット)

い斜面等は、実際には安定であっても不安定領域にプロットされる場合があるという課題も有している。今後、さらに精度を高めるためには、地表踏査や地形判読により崖錐堆積物に厚く覆われている場所や集水影響の大きい箇所、さらに表土層の厚い尾根緩斜面等を事前に試験箇所から除外しておくことが重要である。さらに、評価図作成時は、被災時の水位データや土検棒を用いた強度計測³⁾と併用することも精度向上に有効であると考えられる。

6. まとめ

本手法は、誤差が大きくなる条件を十分考慮したうえで実施すれば、災害捕捉率が高いため危険斜面を抽出する効果的な方法になりうると考える。ただし、本手法は、空振り率が高いため面的な試験による危険箇所の抽出には不向きであり、地形や地質を考慮した適切な箇所での試験や崩壊危険性の相対的の評価に使用することが望ましい。また、地質技術者が地表踏査した斜面において、斜面の安定性を評価する際に補足データとして用いることも有効であると考えられる。

謝辞

本研究に当たっては和歌山県県土整備部から災害査定資料等のご提供をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文献

- 1) 佐々木靖人・矢島良紀・倉橋稔幸(2006):全国国道斜面災害データベースの構築と過去15年間の災害分布特性,平成18年度日本応用地質学会研究発表会,講演集14
- 2) 佐々木靖人(2013):土層調査による表層崩壊の体系的な調査手順の提案,日本地すべり学会関西支部シンポジウム「表層崩壊予測の可能性」,PP1-20
- 3) 佐々木靖人(2003)土層深と土層強度の簡易測定技術による斜面崩壊危険箇所の抽出,土木技術資料45-1,PP6-7
- 4) 沖村孝(1982):潜在崩土分布を利用した表層崩壊発生位置に関する研究,新砂防,35(1),PP9-18
- 5) 松澤真・木下篤彦・高原晃宙・石塚忠徳(2015):花崗岩地域における土層構造と表層崩壊形状に与える山地の開析程度の影響,地形,第36巻第1号,PP24-48
- 6) 飯田智之(2012):技術者に必要な斜面崩壊の知識,鹿島出版会