

P13.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



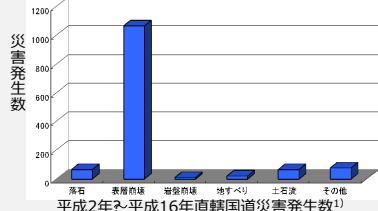
○金井哲男, 浅井健一, 佐々木靖人, 法水哲 (国研) 土木研究所
Tetsuo KANAI, Kenichi ASAI, Yasuhito SASAKI, Satoru NORIMIZU



1.はじめに (なぜ崩壊危険性の高い斜面の抽出が重要か)

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(下図). 佐々木(2013)²⁾は, 表層崩壊が多く発生している原因の一つとして, 表層崩壊には効率的な調査方法・評価方法が乏しいことを挙げている

そのため本研究は, 表層崩壊の危険斜面抽出率の向上を目的として, **現場で簡単に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。



2.土層強度検査棒とは (土検棒の概要)

佐々木(2013)²⁾他は, 斜面に「パッチワーク」状に分布する危険箇所を絞り込むことを目的に, 表土の深さや強度を迅速に調査できる「土層強度検査棒」(土検棒: 特許第3613591号)を開発した。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せん断することで**土層深(土検棒貫入試験: 限界貫入深度試験)**や**土層の強度(土検棒貫入試験: 貫入強度試験, ベー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**最も簡単な試験法である限界貫入深度試験を用いた評価法を提案する**。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箇所)を対象に実施したものである。

土検棒の構成



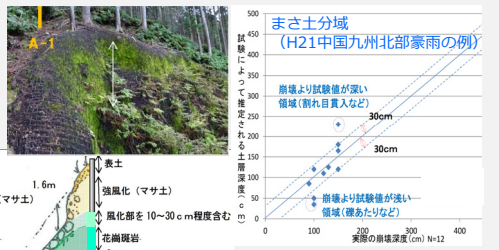
試験実施状況

土検棒の構成 (5mで4.5kg)
先端コーン
上が羽取りコーン(ベーンコーン)
コーン(内径コーン)

3.土検棒による崩壊深度の推定精度

実際の崩壊箇所の滑溜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(左下図)。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**(右下図のH21中国九州北部豪雨の事例等)。本手法は, 対象箇所のように**表土層のみが崩壊し, 崩壊物質中の礫率が低いといった特徴を有する場合に有効**であると考えられる。

なお, 土検棒と似た形状の検土杖についても, 貫入時の限界深度は崩壊深度に近い値を示す場合があることが指摘されている。



土検棒試験箇所の土層構成 土検棒の推定深度と崩壊深度の関係

4.土検棒で崩壊深度を推定しにくい条件

対象130地点における試験の結果, 前項で示した土検棒による崩壊深度の測定誤差は, 下図に示す土層構造や崩壊機構を呈する箇所で大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)⁴⁾の斜面区分と土層構成の関係(遡進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, 下図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。

①崩壊面が岩盤風化部に及んでいる
・山頂緩斜面や開析斜面下部(浸食が顕著で風化部の礫みが著しい箇所)で多い。本研究

②崩壊面に礫や風化岩が多く含まれている
・山頂緩斜面に多いとされる(松澤(2015))

③表土層や崖堆積物の固結度が高い
・すべての箇所で発生する(現場ごとに確認必要)

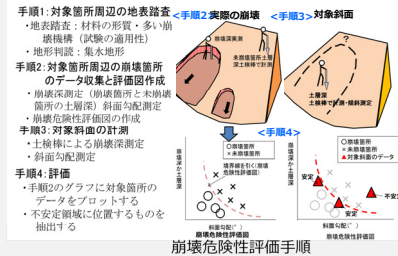
④表土層内で崩壊が発生する
・すべての箇所で発生する(現場ごとに確認必要)

土検棒で崩壊深度が推定しにくい事例 土検棒で崩壊深度を想定しにくい4条件

5.崩壊危険性の高い斜面を抽出する方法

本手法は, 飯田(2012)⁵⁾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, 斜面の潜在的な崩壊危険性を評価するものである。

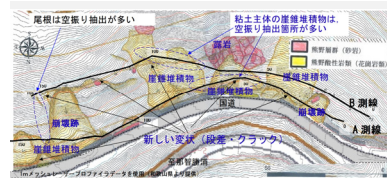
評価手順は, 最初に対象斜面周辺の踏査を行い(手順1), 実際の崩壊跡から土層深および斜面勾配を測定する(手順2)。その後, そのデータに基づいて不安定域と安定域を設定し, 両者の境界線を無限長斜面の安定計算で得られた適切な崩壊面強度(C, ϕ)を用いて決定する。次に評価したい斜面の斜面勾配と土層深を土検棒により計測し(手順3), 先ほどの図にプロットすることで斜面の危険性を評価する(手順4)。



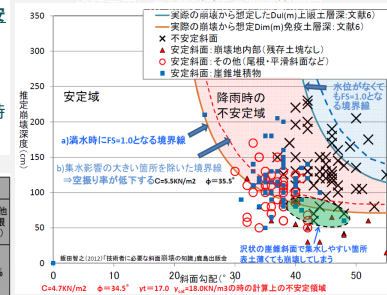
6.評価結果の検証 (捕捉率と空振り率)

評価結果の検証は, この地域の道路に平行に配置した2測線上(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(右上図)。

右下図は, 周辺地域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に2測線(150点)の計測値をプロットしたものである。下表に示すように, **斜面変状のある地点で測定した計測値は, 94%が不安定域に含まれる(捕捉率)**。しかし, 下表に示すように**空振り率は, 平均50%を超えている**(特に崖堆積物が高い)。



検証で用いた試験箇所の測線配置図



検証結果図 (崩壊危険性評価図へのプロット)
上図は, 無限長安定解析により, Cpに示した不安定域境界線を設定できる

7.危険斜面抽出方法の課題とその改善策

<課題: 崩壊危険性評価において空振り率が高い理由> 検証結果図参照
①対象地域の崩壊すべてについて同じ崩壊面強度(C, ϕ)を有すると仮定しているため誤差が生じやすい。

②崩壊危険性評価図作成に用いるデータには, 地下水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-浸食などの表土の薄い箇所が不安定化した事例が含まれているため, 安全側評価となっている。

③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い斜面等は, 実際には安定であっても不安定域にプロットされる場合がある。
<改善策: 精度向上に向けて>
①地表踏査や地形判読で, 崖堆積物に厚く覆われている箇所や表土層の厚い尾根の緩斜面等を事前に試験箇所から除外する。
②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(ベーンコーンせん断試験)と併用する。

8.まとめ

- ・本手法は, **地表踏査や地形解析による危険斜面のスクリーニング**後, 崩壊深度の推定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**になりうると思われる。
- ・ただし, 本手法は, 空振り率が高いため, この手法のみで危険箇所を抽出することは不向きである。
- ・**本手法の最も有効な利用方法は, 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の捕捉データとして用いることである。今後, 現地調査時に, この手法を活用していただければ幸いです。**

<謝辞> 本研究に当たっては和歌山県土木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。

<引用文献>
1) 佐々木靖人・矢島良紀・倉橋裕幸(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) 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
3) 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
4) 松澤真・木下篤彦・高原晃博・石塚忠徳(2015): 花崗岩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
5) 飯田智之(2012): 技術者に必要な斜面崩壊の知識, 鹿島出版会

土検棒による斜面の崩壊危険性評価は, 技術者の現場判断を補足する有効な手法である。

- ・土層強度検査棒による崩壊推定深度の想定は, 適用性の高い地形・地質条件下であれば可能である。
- ・崩壊深度と斜面勾配を用いて崩壊危険性を評価することは, 簡便な方法であり現場での適用性が高い。