

## 奈良県赤谷西地区の重力変形斜面におけるゆるみ域の性状と、変形機構の推定

応用地質株式会社

○林幸一郎・窪田安打・小松慎二・橋本裕司

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター

菅原寛明・田中健貴・木下篤彦

### 1. はじめに

深層崩壊による被害を軽減するためには、崩壊が発生する場所と規模を予測し、事前対策を検討する必要がある。これまでの研究により、崩壊前の斜面には重力変形が生じていることがあることなどが明らかになっており<sup>1)</sup>、航空レーザ測量による詳細な地形データを用いて、深層崩壊発生前の地形の特徴を抽出する検討などが行われている<sup>2)</sup>。

一方、事前対策を検討するためには、重力変形斜面のうちどのような斜面が崩壊する可能性が高いのか、また崩壊した場合にどのような規模となるのかを推定し管理する必要がある、変形が進みゆるみが生じている深さを把握する必要がある。

そこで本研究では、地形的な特徴から抽出された重力変形斜面について、ボーリング調査と物理探査を実施し、重力変形が生じていると推定される領域とそうでない領域の、亀裂の発達の程度、密度、弾性的性質などの岩盤性状を比較し、ゆるみが生じている深さの推定に必要な岩盤性状を評価する指標を検討した。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査対象

調査は、平成23年に発生した深層崩壊箇所（赤谷地区）の西側に抽出されている重力変形斜面（赤谷西地区）を対象とした（図-1）。斜面上部の尾根には、重力変形により生じたと考えられる幅約10mの線状凹地が存在する。斜面上部のAk-5地点では、変形領域である深度67.75mまで特徴的な破碎と開口亀裂が分布しており<sup>3)</sup>、1.1mm/年程度のせん断性の地中変位が確認されている。

#### 2.2 岩盤性状の調査

ボーリング調査は、斜面下部のAk-7地点で実施し、亀裂の開口が認められなくなる深度90mまで削孔し、岩盤性状の鉛直方向の変化を確認した。岩盤性状は、破碎の程度をコアの破碎度区分<sup>4)</sup>、亀裂の開口の程度を孔壁の開口量測定、弾性波速度を孔内の速度検層、密度をコア重量測定により得られる値で評価した。

地表面の弾性波探査は、重力変形斜面上部の線状凹地を跨ぎ、斜面方向に設けた長さ180mの測線上で実施し、弾性波速度分布の測線方向の変化を確認した。

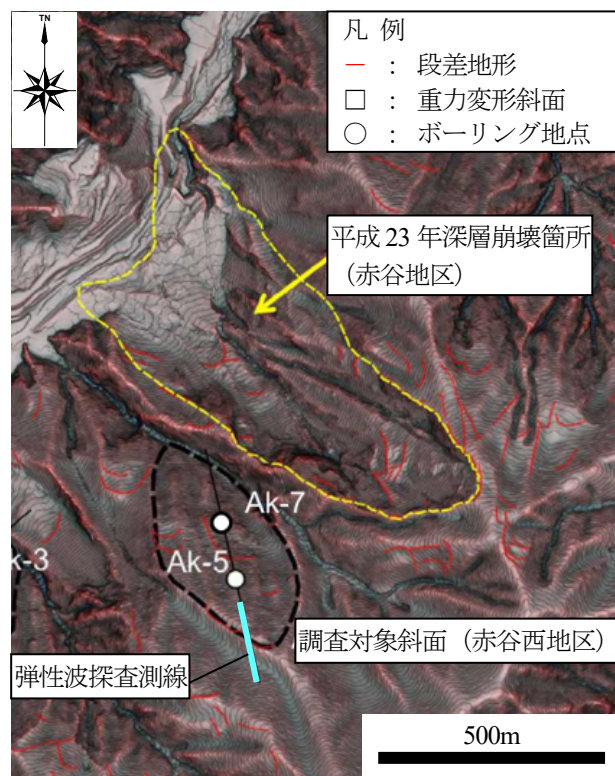


図-1 調査対象位置図

#### 2.3 岩盤性状の比較

鉛直方向の重力変形領域とそうでない領域は、孔内傾斜計観測によって地中変位が確認される深度の下端を境界として評価するが、調査期間内（H31/1/9～H31/3/4）では明瞭な変位が認められなかったため、Ak-5で検討された破碎度区分による評価<sup>3)</sup>によりCr2～Cr4が認められる深度（深度54.3m）を変形領域の下端として推定し、岩盤性状の比較を行った。

重力変形斜面上部付近の変形領域は、斜面上部の線状凹地を境界として評価し、その重力変形斜面の内側と外側の弾性波速度分布の比較を行った。

#### 2.4 地盤の状態の確認

重力変形領域がどの程度力学的に脆弱となっているのかを確認するため、孔内水平載荷試験を実施し、岩盤性状の分布と比較した。

地中変位が発生する要因の一つと考えられる間隙水圧の変動が生じている可能性のある深さを確認するため、ボーリング削孔中の孔内水位の変動から試錐日報解析などを行い、地下水の分布と岩盤性状を比較した。

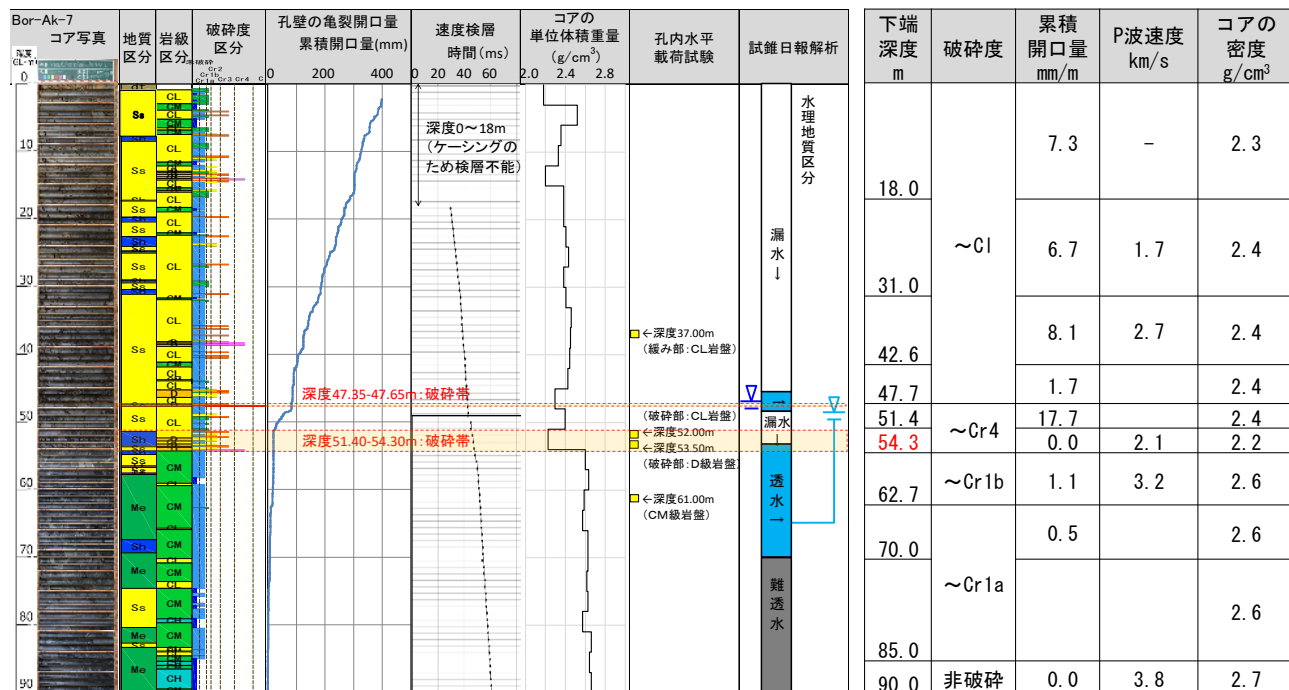


図-2 Ak-7 地点の鉛直方向の岩盤性状変化

### 3. 調査結果

#### 3.1 岩盤性状の調査, 比較結果

Ak-7 地点における鉛直方向の岩盤性状を、図-2 の通り整理した。重力変形領域の下端と推定される深度 54.3 m を境に、破裂度では Cr4 と Cr1b, 1 m あたりの開口量では 1.7~17.7 mm と 0.0~1.1 mm, P 波速度では 1.7~2.8 km/s と 3.2~3.8 km/s, コアの密度では 2.2~2.4 g/cm<sup>3</sup> と 2.6~2.7 g/cm<sup>3</sup> と、いずれの指標でも明瞭な変化が確認された。

重力変形斜面の上端付近における弾性波速度分布を図-3 に示す。線状凹地を境に、重力変形斜面で P 波速度が速い層の出現深度が深くなることが確認された。

#### 3.2 地盤の状態の確認結果

孔内載荷試験の結果、深度 61m では降伏応力が 12.2 MN/m<sup>2</sup> 以上であったのに対し、深度 54.3m 以浅では 2.4~3.5 MN/m<sup>2</sup> で降伏し、相対的に強度が低いことが確認された。特に深度 53.5m の破碎部では、せん断剛性率 193 MN/m<sup>2</sup>, 粘着力 2.8 MN/m<sup>2</sup>, 内部摩擦角 15° と、相対的にせん断強度が低かった。

地下水位は、破碎帯が分布する、深度 46~47m, 深度 54.3~70m にそれぞれ確認された。

#### 3.2 評価指標の検討

図-2, 3 に示す通り、いずれの指標でも、推定される重力変形領域の境界で明瞭な差異が確認された。このうち最も簡便に調査できる指標としてはコア密度が挙げられる。また、岩盤性状が明瞭に変化する深度では、せん断強度が相対的に低く、さらに間隙水圧の変動が生じている可能性があり、それ以外の深度に比べ崩壊の可能性が相対的に高いと評価することができる。

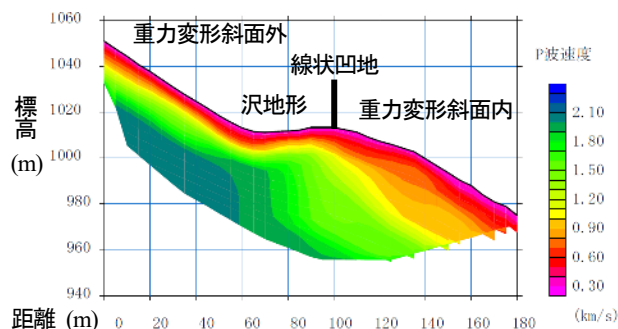


図-3 弾性波速度分布 (トモグラフィ解析)

### 4. まとめ

赤谷西地区において、変形領域の境界と推定される箇所では岩盤性状が明瞭に変化することを示し、ゆるみが生じている深さの推定に必要な評価指標を検討した。今後は、実際の地中変位と間隙水圧の変化を観測することで、変形機構と岩盤性状の関係性を明らかにし、赤谷西地区で得られた情報を基に、地形解析や広域的な探査手法など効率的な方法も含めた、重力変形斜面を評価する手法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 千木良雅弘：深層崩壊の場所の予測と今後の研究展開について、応用地質, Vol.56, No.5, p.200-209, 2015
- 2) 田中健貴・吉村元吾・菅原寛明・船越和也・染谷哲久・岡野和行：高精度地形データを用いた深層崩壊斜面の地形的特徴に関する研究, 砂防学会誌, Vol.71, No.5, p.3-10, 2019
- 3) 林幸一郎・武澤永純・石井靖雄：破碎度と開口亀裂の評価に基づく奈良県赤谷西地区における重力変形領域の推定, 平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集, p.167-168, 2018
- 4) 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之・豊口佳之：地すべり移動体の特徴づける破碎岩—四万十帯の地すべりを例として—, 応用地質, Vol.52, No.6, p.231-247, 2012