V-058

破砕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

国立研究開発法人土木研究所　　○林幸一郎・武澤永純・石井靖雄

1. はじめに

深層崩壊対策として，重力変形に伴う微地形をレーザー測量データを活用して判読し，危険箇所を抽出する検討が進められている [1), 2)]．一方，深層崩壊対策を検討していく上では土砂量の推定も重要であり，現地調査などにより斜面内部の変形領域を評価することが重要となる．

地すべり運動が進行している領域においては，無構造な角礫岩，引張り割れ目など，特徴的な破砕や亀裂が認められることが報告されており [3)]，ゆるみ岩盤 [4)] など重力変形斜面の変形領域にも，同様の特徴が認められることが考えられる．近年，著しく品質が向上した高品質ボーリング調査や，ボアホールカメラを用いた孔壁調査は，重力変形斜面で認められると考えられる特徴的な破砕や亀裂の調査にも有効と考えられる．そこで本研究では，ボーリングコアと孔壁画像を用い，破砕状況と亀裂状況に着目して岩盤性状の評価を行い，変形領域の下端深度を推定する手法を検討した．

2. 調査方法

2.1　調査対象

本研究は，平成 23 年に奈良県五條市で発生した深層崩壊の近傍に位置する赤谷西地区を対象とした（図-1）．赤谷西地区は，熊野川水系川原樋川支流赤谷川の支渓流に面した，斜面勾配 30～40° の北向き斜面である．斜面には不規則形状の凹凸が認められ，斜面上部の尾根付近に幅約 10 m の線状凹地が分布することなどから，重力変形が生じていると考えられる．本研究では，斜面上部付近で実施された調査ボーリング孔（Ak-5 孔，削孔長 85 m）を用いて岩盤の破砕状況と亀裂状況を評価し，深度方向の分布から変形領域の下端深度を推定した．

2.2　破砕状況の評価

破砕状況は，脇坂ほか [3)]による破砕度区分を用いて評価を行った．評価には，高品質ボーリングにより極力乱さずに採取され，要領 [5)]に則り丁寧に取り扱われたボーリングコアを用いた．

2.3　亀裂状況の評価

亀裂は，㈱レアックス製のボアホールイメージプロセッサー（深度方向の分解能 0.25 mm，円周方向の分解能 360 px）で取得された孔壁展開画像から判読した．

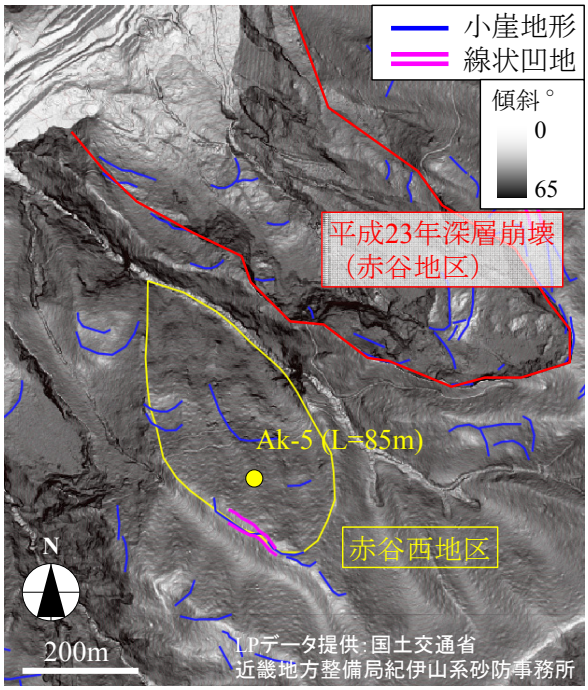

図-1　検討対象地点位置

また，亀裂の深度，走向，傾斜，開口量についても測定を行った．

その上で，亀裂は，開口量と形状により以下の 3 種類に区分し評価した．このうち亀裂 C は，引張り割れ目 [3)]と同様の視点で区分した．

亀裂 A：開口量が孔壁画像から測定できないほど小さい亀裂

亀裂 B：開口量が測定でき，形状が平面に近い亀裂

亀裂 C：開口量が測定でき，面形状が鋸歯状で，層理面と斜交し鉛直に近い形状の亀裂

さらに，亀裂の評価結果は，ボーリングコアと対比し，その妥当性を確認した．

2.4　変形領域推定結果の妥当性評価

破砕状況と亀裂状況の評価に基づき推定した変形領域の下端深度は，平成 29 年 9 月～平成 30 年 2 月の挿入式孔内傾斜計による観測結果と対比し，その妥当性を評価した．

3. 調査結果

3.1　破砕状況と亀裂状況の評価結果

破砕度区分の結果，全削孔長 85 m 中，Cr1a は 47.16 m，Cr1b は 8.05 m，Cr2 は 4.67 m，Cr3 は 0.74 m，Cr4 は 0.24 m からなると評価した（図-2 (c) ）．無破砕の岩盤は 18.77 m，崩積土など破砕度を評価できなかった区

間は 5.37 m であった. 粘土～砂状の Cl は認められなかった. 角礫岩には断層由来のものも含まれる可能性もあるが, 複合面構造が不明瞭であったため今回は全て Cr にて評価した. 破砕度の深度方向の分布では, 無構造の角礫岩（Cr2～Cr4）が深度 67.61 m まで認められた. 一方, 引張り割れ目が認められる岩盤である Cr1a, Cr1b は深度 72.21 m まで認められた.

亀裂は, 亀裂 A を 177 面, 亀裂 B を 511 面, 亀裂 C を 73 面判読した. 深度方向の分布では, 亀裂 A は深度 84.66 m のほぼ調査深度下端まで認められ, 亀裂 B は深度 80.22 m まで, 亀裂 C は深度 62.60 m まで認められた. **図-2** (e) には, 亀裂 C の 1 面ごとの開口量と, ボーリング孔底からの累積開口量を併せて示す. 累積開口量は深度 62.60 m から次第に多くなることが特徴的であり, それ以深のボーリングコアで認められる引張り割れ目は, 孔壁画像では開口していなかった.

以上の結果から, 変形領域の下端深度は, 無構造な角礫岩の分布下限の深度 67.61 m, もしくは亀裂 C の累積開口量が増加する深度 62.60 m と推定され（**図-2** (c), (d), (e) ）, そのうち深い深度は 67.61 m であった.

3. 2　変形領域下端深度の妥当性

挿入式孔内傾斜計による観測結果を**図-2** (f) に示す. 深度 64.25～67.75 m 区間においてほぼ北向き方向に 0.48 mm の変位が計測され, この区間の変位が最も深い深度における地中変位であった. なお変位の方向は, 斜面の傾斜方向と概ね一致する. 破砕度と亀裂状況から推定された変形領域の下端深度 67.61 m とは 0.14 m の差であり, 概ね妥当な結果を示すものと考えられる.

4. まとめ

本研究では, 赤谷西地区において, ボーリングコアと孔壁画像を用い, 破砕度区分と亀裂の開口量と形状に着目して岩盤性状を評価することで, 変形領域の下端深度を推定できる可能性を示した. 今後は, 特徴的な破砕や亀裂の形成と重力変形のメカニズムの関係を検討するとともに, 斜面内における岩盤性状や, 変形の程度による違いを明らかにし, 評価手法を検討していく必要がある.

謝辞

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所には, LP データとボーリング調査データ, 斜面周辺の地質情報を提供頂きました. ここに感謝の意を表します.

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) 笹原克夫：高知県北川村平鍋周辺の深層崩壊跡地と山頂緩斜面の分布, 砂防学会誌, Vol.69, No.3, p.26-37, 2016
3) 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之・豊口佳之：地すべり移動体を特徴づける破砕岩―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
4) 佐々木靖人・片山弘憲・倉橋捻幸：ダムにおける緩み岩盤の実態と分類試案, ダム技術, No.228, p 9-21, 2005
5) （一社）全国地質調査業協会連合会・社会基盤情報標準化委員会：ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説, 138pp, 2015

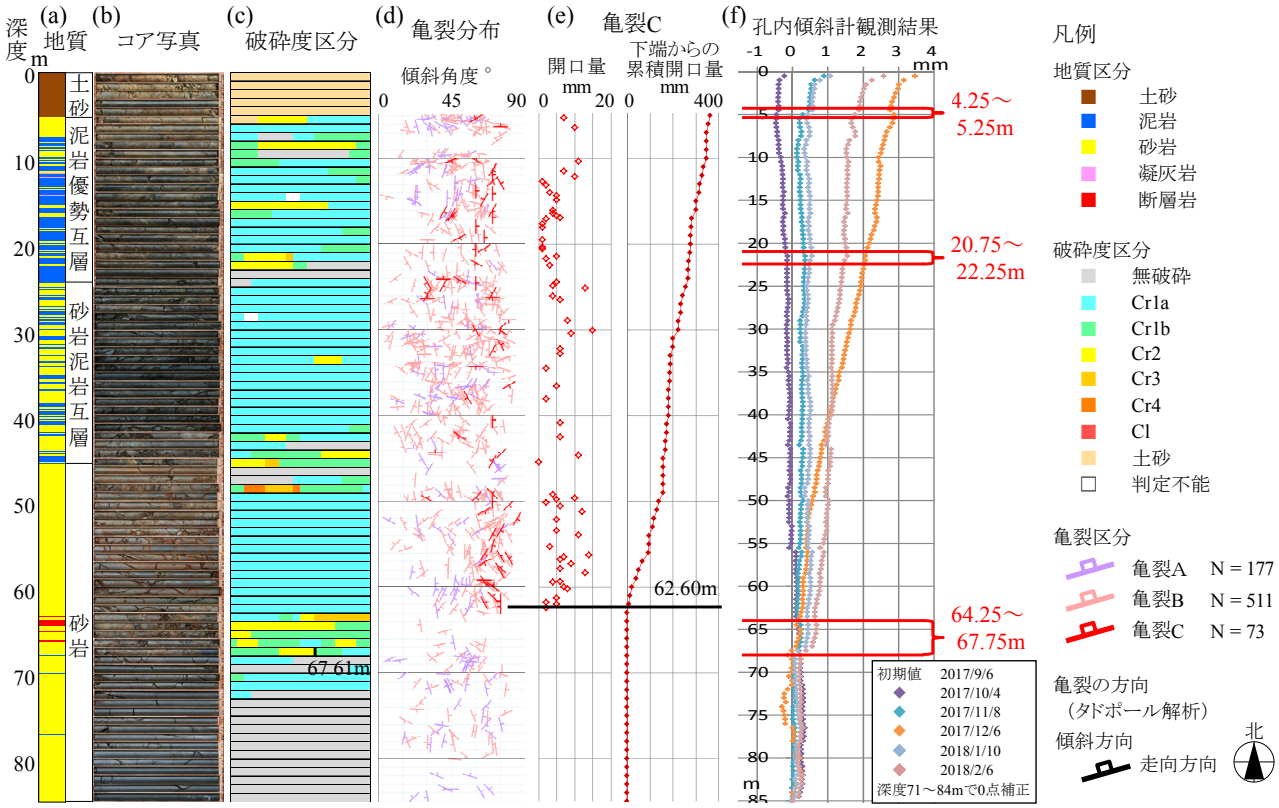

図-2　破砕度と亀裂状況による岩盤性状の評価結果と孔内傾斜計観測結果