

定期変位観測結果を用いた逆算強度の推定

応用地質株式会社 正会員 ○山田政典 応用地質株式会社 非会員 森山 豊
 応用地質株式会社 非会員 吉田 浩 応用地質株式会社 非会員 久保美和

1. はじめに

地すべりの安定性は、安定計算による安全率により示され、その値は、すべり面形状、すべり面強度、単位体積重量および地下水位等の設定により変化する。かつては、硬軟入り混じる地すべり土塊や地すべり層の連続コアの採取は難しく、上記の要素の一部は、地質調査のみにより決定することが困難であった。このようななか、単位体積重量の一般値の採用や、すべり面強度の不確かな条件での逆解析による算出、すべり面の不陸による誤差等を補う対応として計画安全率という余裕を設け、対策工を計画してきた。一方、高品質コアを用いた詳細観察によりすべり面を認定し¹⁾、コア箱重量より単位体積重量を設定し²⁾、すべり面での設置式孔内傾斜計を用いた連続観測による変位速度の変化点よりすべり面の逆算強度を推定する等の試み等が進められ、経験的に良いとされてきた一般値の採用や不確かな条件を用いたすべり面強度の設定を改良し、算出される安全率を変位速度の変化と整合する指標に改良していく必要がある。本論では、地すべりのすべり面強度を設定する上での課題を述べ、一般に行われている挿入式孔内傾斜計による定期観測結果と地下水位の連続観測結果より変位速度の変化と整合するすべり面強度を推定する方法を提案する。

2. すべり面強度を設定する上での課題

一般に、すべり面強度は、現況の地すべりの安全率を動態状況より設定し、二次元の検討断面に設けられた地下水位観測による各孔の最高値の連続を最高地下水位と考えて $c' - \tan \phi'$ 図を作成し、すべり面の最大鉛直層厚により粘着力 c' 、あるいはすべり面の平均傾斜より内部摩擦角 ϕ' を設定し、逆解析によりもう一方の要素を設定している。しかし、地すべりが活動しだす極限状態 $F_s = 1.00$ を捉えた強度設定とはならず、安全率と変位速度の整合が取れていない場合が多い。また、コア箱重量により単位体積重量を求めるなど、実測値をこれまでの経験的な評価に取り込むと、これまで構築されてきた経験に基づく安定性評価のバランスが崩れ、安全で経済的な地すべり対策工の計画に影響することが考えられる。

3. 定期変位観測結果を用いた逆算強度の推定

検討を行った地すべりは、三波川帯の緑色片岩の片理面の構造とほぼ平行な破碎帯をすべり面とする幅 300m、長さ 400m、最大鉛直層厚 75m の大規模地すべりで、変位の連続データが未取得で、長期間、挿入式孔内傾斜計観測等の定期変位観測と地下水位の連続観測が行われている。

以下にすべり面強度の推定方法を示す。

3.1 未変動期間の各孔の最高地下水位の抽出

定期観測により変位速度が増加する期間の地下水位に着目し、変位が増加しない期間の各孔の最高地下水位を抽出する（図 1）。各孔の最高地下水位は、観測孔の位置、構造と降雨条件により変化し、遅れが生じる。よって、各孔の最高地下水位と同時期の地下水面形を断面図に表示する（図 2）。

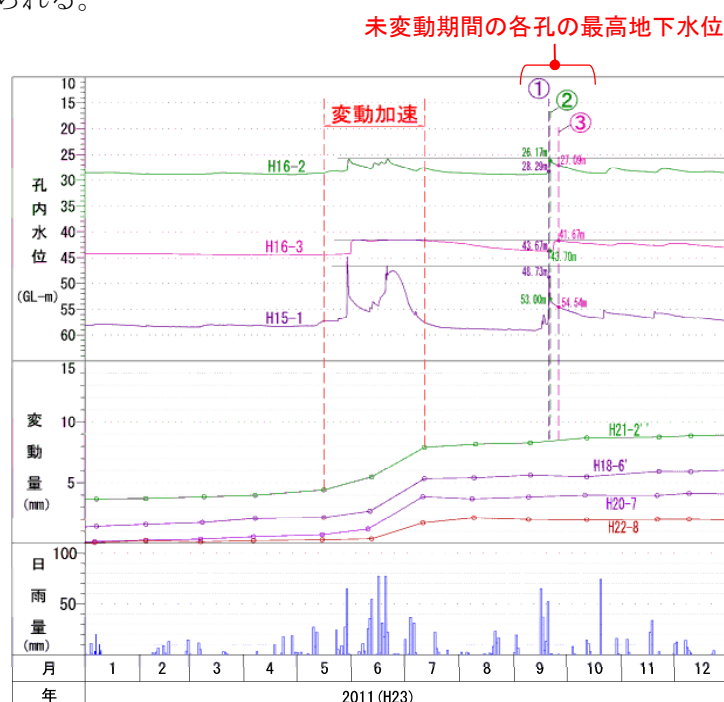


図 1 定期変位観測と地下水位連続観測の関係図

3.2 暫定逆算強度 $c^{(3)}$ 、 $\phi^{(3)}$ の推定

抽出した地下水位は、変位が進行する極限状態に近い地下水位を示している。よって、それぞれの地下水位条件で $c' - \tan \phi'$ 図を作成し、その重ね合わせ図を作成する(図3)。そして、地すべりの特徴より強度定数の一方を設定し(ここではすべり面傾斜角 22.0° より内部摩擦角 $\phi^{(3)} = 22.0^\circ$)、粘着力 $c^{(3)}$ を逆解析により推定する(粘着力 $c^{(3)} = 19.4 \text{ kN/m}^2$)。

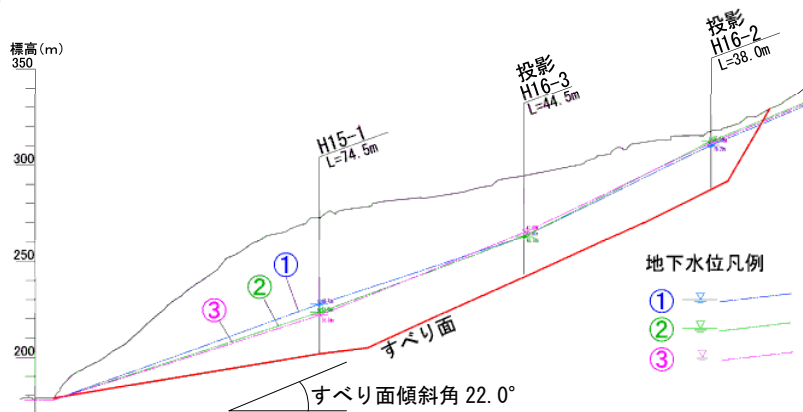


図2 未変位期間の各孔最高地下水位の同時間地下水位断面図

3.3 最低安全率を示す地下水位の決定

上記の暫定逆算強度 $c^{(3)}$ 、 $\phi^{(3)}$ を使い、3.1 で抽出した地下水位(水位①、水位②、水位③)の安全率を算出する(図4)。そして、最小安全率を示す最も極限状態に近い地下水位条件を決定する(ここでは水位① $F_s=0.982$)。

3.4 極限状態に近い地下水位を用いた逆算強度の推定

図3の3.2で設定した暫定逆算強度 $c^{(3)}$ 、 $\phi^{(3)}$ を極限状態に近い水位①の $c^{(1)}$ 、 $\phi^{(1)}$ 図上に修正し、極限状態 $F_s=1.00$ に近い最小安全率を示す逆算強度 $c^{(1)} = 23.6 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi^{(1)} = 22.0^\circ$ を推定する。

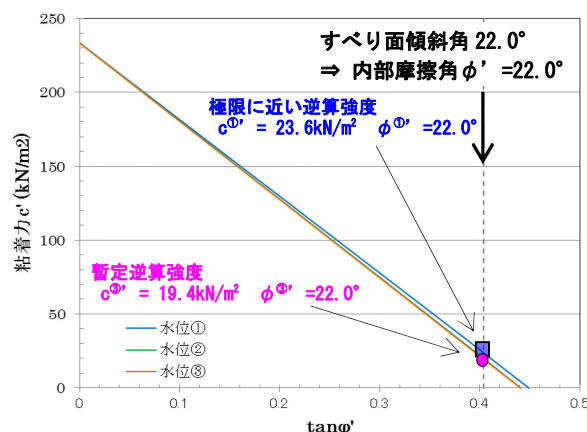


図3 未変位最高地下水位を用いた $c' - \tan \phi'$ 図

4. おわりに

本論で実施した逆算強度の推定は、変位速度の変化と整合するすべり面強度を一般に行われている定期変位観測結果と地下水位の連続観測結果より簡便に推定する方法を提案したものである。これは、地すべりの変位を実物試験ととらえる逆解析の本来の取り組みであり、すべり面の不攪乱試験を用いた順計算、あるいは地すべりの応力場を考慮した試験強度を用いた三次元計算などと比較し、最も変位速度の変化と整合のとれた強度を設定することが可能である。よって、対策効果の検証や概成判断等を安全率で行う現場での活用が考えられる。また、対策工の維持管理の継続を前提に、計画安全率という対策工の余裕を低減する取り組みも必要と考えている。なお、本方法は、設置式孔内傾斜計等を用いた連続観測による変位速度の変化点より強度を算出していない。よって、極限状態である $F_s=1.00$ の逆算強度より若干低い強度となっている可能性がある。今後、高品質な地質調査を活用してすべり面形状の精度を向上するとともに、設置式孔内傾斜計による連続観測、最適な配置、構造の地下水位の連続観測データを用いた評価が必要である。

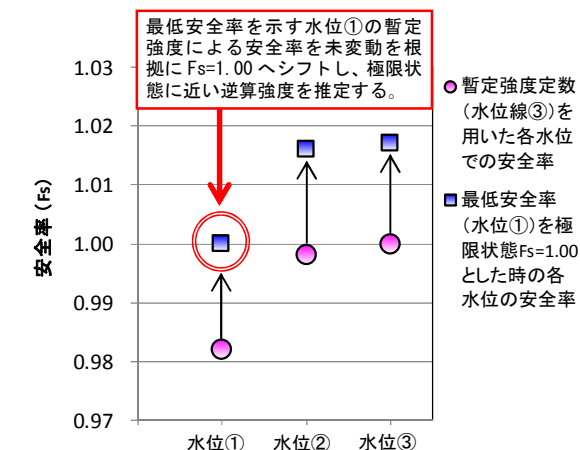


図4 暫定逆算値と極限に近い逆算値の安全率

参考文献：

- 1) 脇坂安彦, 上妻睦男, 綿谷博之: 地すべり土塊を特徴付ける角礫岩, 平成 21 年研究発表会講演集, 日本応用地質学会, p41-42, 2009.
- 2) 山田政典, 永野潤, 竹澤悠人: 高品質コアを用いた地すべり土塊の単位体積重量, 第 50 回日本地すべり学会研究発表会講演集, vol. 50 p155-156, 2011.