# 被圧地下水を考慮したクリープ性地すべりの FEM 解析

### 1. はじめに

クリープ性地すべりと呼ばれる緩慢な地すべり運 動においては,移動速度が斜面内の地下水位と強い 相関性を持つことが知られている<sup>1)</sup>。本研究では崩 壊を引き起こす前段階の地すべり運動に着目してお り,研究対象とした地すべり事例の数値解析は既に 取り組まれている。しかし,地すべり予測を行うに あたり観測結果に対する解析結果の精度を向上する 必要がある。過去に行ったケーススタディから,地 下水位変動に対する安全率を精度よく評価すること で計算精度につながることが示唆された。

本研究では地すべり斜面に数多く見られる被圧地 下水の圧力水頭を静水圧に上乗せする地下水位モデ ルを作成した。仮定したすべり層に対して粘性的な 抵抗特性を加えた有限要素解析モデルを適用し,地 すべり変動の再現的解析を試みる。

#### 2. 数値解析モデル

降伏時に生じる塑性ひずみ成分をすべて粘塑性で あると仮定している。塑性ポテンシャルgに基づく 流れ則は単位時間当たりの塑性ひずみ増分として, 次式で定義される。ここに, $\dot{\Lambda}$ は有効応力に応じて 変化する関数である。

$$\dot{\varepsilon}^{p} = \dot{\Lambda} \frac{\delta g}{\delta \sigma} \tag{1}$$

"移動速度は安全率の冪関数で表される"という経験則<sup>2)</sup>に基づき,すべり面の各位置における局所安 全率がその位置で生じうるひずみ速度を規定すると 仮定すれば,八面体せん断ひずみý<sub>max</sub>の単位時間当 たりの増分は以下のように定義することができる。

$$\dot{\gamma}_{\max} \leq \frac{\dot{\alpha}}{F_{s,local}^n}$$
 (2)

群馬大学	学生	E会員	〇大	、澤	宗-	一郎
元群馬大学	学	非会員		小谷	- 1	建太
群馬大学	学	正会員		若井	:	明彦

#### 3. 地すべり事例

本地すべりは群馬県吾妻郡高山村尻高地区で発生 し、地すべり防止区域に指定されており、過去にも 地すべりの発生した履歴が確認される。地すべり地 下部では急斜面から緩斜面、その背後に急斜面とす る地すべり地形を呈している。本地すべり規模は、 最大幅 134m、最大長さ 111m、最大厚さ 15.3m、平均 斜度 12.5°のクリープ性地すべり(図―1)である。

現地で観測された地下水位を図―2に示す。この地 区では2月8日に約30cm,2月14日に約70cmの降 雪が観測された。2月下旬から3月上旬にかけて融雪 水が地盤内への浸透により、地下水位が上昇した。



図-1 戸室地すべり断面図



キーワード クリープ,安全率,地下水位,数値解析 連絡先 〒376-8515 群馬県天神町一丁目 5-1 TEL0277-30-1622

表―1 解析計算に用いた材料定数

地盤名称	E (kN/m <sup>2</sup> )	ν (-)	c' (kN/m <sup>2</sup> )	φ <sup>'</sup> (deg.)	Ψ (deg.)	$_{(kN/m^3)}^{\gamma}$	ά (day-1)	n (-)
火山灰質粘性土	5000	0.4	50	40	0	14	-	-
シルト質砂	5000	0.4	0	30	0	18	-	-
礫混じり粘土	3193	0.4	8.25	20.9	0	15	-	-
すべり面(地層境界面)	3193	0.45	4	9	0	15	0.28	18
すべり面(崩積土内部)	3193	0.45	0	9	0	18	0.28	18
軽石凝灰岩	50000	0.45	5000	30	0	18	-	-

## 4. 解析条件

地下水位観測孔内で測定された水位は位置水頭と 圧力水頭が合成されたと考えられる<sup>3)</sup>。地すべり斜 面内には透水性の高い軽石凝灰岩の上位に,透水性 の低い礫混じり粘土層が存在する。そのため斜面背 後から流入する地下水が被圧され,静水圧状態より も高い圧力水頭を持つ。被圧地下水の圧力水頭を考 慮した地下水位モデル作成にあたり,経験的に知ら れている安全率と移動速度の相関関係<sup>2)</sup>と地すべり 斜面の安全率が10%減少すると,移動速度が10倍と なる関係<sup>4)</sup>を手がかりとし,地下水位の下限値から の差を定数倍した地下水位高さとした。

地盤伸縮計 S-2 により観測された移動速度とその 観測時刻において SSRFEM により計算された全体安 全率の相関よりひずみ速度を規定するパラメータ $\dot{a}$ , nを決定した。変位速度と全体安全率を両対数グラ フにプロットしたものが図—3 である。近似直線の切 片と傾きの関係から $\dot{a}$ を 0.07, nを 24 とした。数値 計算で使用したその他の材料定数を表—1 にまとめ た。

## 5. 解析結果

地盤伸縮計 S-1 により観測された観測値と数値解 析で得られた解析値の変位量を比較した(図―4)。最 終変位量を比較すると数 cm の誤差は生じているが,





融雪による変位の上昇からその後の変位が安定する までの地すべり運動をおおむね再現している。しか し,2014年3月1日より前の期間では解析値の変位 速度は段階的に小さくなり,段階的に大きくなる観 測値とは異なる様子となった。与えたすべり層の材 料強度を過大に,もしくは与えた地下水位面が現実 の圧力水頭を過少に評価していると考える。

## 6. まとめ

被圧地下水を考慮して弾粘塑性解析を行い,地す べり運動がおおむね再現された。解析結果への影響 が大きいすべり層の材料強度や地下水位モデルにお いては改良の余地を残す。今後は本研究結果を基に 地すべり予測への拡張や他の地すべり事例で本手法 を用いた検討が望まれる。

### 謝辞

日本サーベイ江口喜彦氏,関晴夫氏,日特建設上 野雄一氏に数々の貴重なご指導をいただきました。 また,群馬県の関係者の方々にはデータをご提供い ただくなど,大変お世話になりました。ここに記し て謝意を表します。

## 参考文献

1) Conte, E., Donato, A. and Troncone, A. (2014): A finite element approach for the analysis of active slow-moving landslides, Landslides, Vol.11, No.4, pp.723-731.

2) Vulliet, L. and Hutter, K. (1988): Viscous-type sliding laws for landslides, Canadian Geotechnical Journal, Vol.25, No.3, pp.467-477.

 竹内篤雄(2019):地すべりキーワード101-37-, 日本地すべり学会誌, Vol.56, No.5, pp.289-291.

4) 菅原紀明(2003): クリープ性地すべり斜面の安
全率と地表の変位速度,応用地質技術年報, No.23,
pp.1-18.