

地スベリの崩壊予知と可塑粘性係数について

秋田工専 正会員 〇伊藤 駿
建設省秋田工専事務所 佐藤 実
秋田工専(保) 石井 進

1. まえがき

東北々陸地方の地スベリは中央構造線沿いの地スベリと比べよく動き方が異なることが指摘されるが、この理由は構成地質材料の性質に依るものと思われる。第三紀系を中心とする東北々陸地方の地スベリは動きが緩慢で集中的降雨などでは余りすべらず、むしろ融雪期の地下水が高まった頃に頻発している。しかもそれがクリープ性地スベリである場合が多く、この地スベリがレオロジー的特性を示すものであるとされている。地スベリのレオロジー定数を知らしておくことは、その地スベリがどんな動きをするのか把握できるので、対策工事を施す場合重要である。本文では地スベリは地下水が高まってかなり流動性が増してきた粘塑性的挙動を示す Bingham 体であると仮定し、現場のデータを用いて可塑粘性係数を求めてみた。斎藤は土のクリープ現象を利用して予知論を展開しているがこれはかなり有効な方法である。そこで同一地スベリ地の移動曲線より上記理論による考察を試みた。

2. 可塑粘性係数の決定

地スベリ土のレオロジー特性と決定する方法はいくつかあるが、ここで敢えて Bingham 体としたのは、Voigt 粘弾性体とした場合のレオロジー定数と Bingham 体と考えて算出したレオロジー定数との間になんまり差異があること及び Ter-Steppanian¹⁾が提示したものと Bingham 体とが良く合うということによる。Bingham の粘塑性体は、図-1 に示すダッシュポットとスライダで組合せられその変形挙動を

$$\tau = \tau_0 + \eta_{pl} \frac{dv}{dy} \quad (1) \quad \left(\begin{array}{l} \tau: \text{せん断応力}, \tau_0: \text{降伏応力} \\ \eta_{pl}: \text{可塑粘性係数}, dv/dy: \text{速度勾配} \end{array} \right)$$

と表わす。これに Coulomb の降伏条件式 $\tau_0 = C + \sigma \tan \phi$ と組合せると、

$$\tau = C + \sigma \tan \phi + \eta_{pl} \frac{dv}{dy} \quad (2)$$

ここで τ , σ を決定するため、地スベリ斜面の勾配 θ , 土の内部摩擦角 ϕ , 粘着力 C , 地スベリの土厚 H , 鉛直方向のそれと H_0 とする。詳細は省略して地スベリ速度 v を求めると

$$v = \frac{\gamma(H_0^2 - H^2)(\tan \phi - \tan \theta) \cos^2 \theta + 2C(H_0 - H) \cos \theta}{2 \eta_{pl}} \quad (3)$$

これより可塑粘性係数 (η_{pl}) は

$$\eta_{pl} = \frac{\gamma(H_0^2 - H^2)(\tan \phi - \tan \theta) \cos^2 \theta + 2C(H_0 - H) \cos \theta}{2v} \quad (4)$$

実際の地スベリ(秋田県六郷浮岩地区地スベリ、断面は図-3)について η_{pl} を求めると、 $\phi=13^\circ$, $C=2.1 \text{ t/m}^2$, $\gamma=1.8 \text{ t/m}^3$ と用い、最小 2 乗法にお

$$\eta_{pl} = 803.5 v^{-1.075} \quad (5)$$

水位を $(1/2)H_0$ とすると(図-4 の仮定水位では)

$$\eta_{pl} = 4743 v^{-1.074} \quad (6)$$

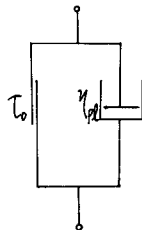


図-1. Bingham モデル

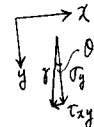


図-2. 地スベリ内部の応力状態

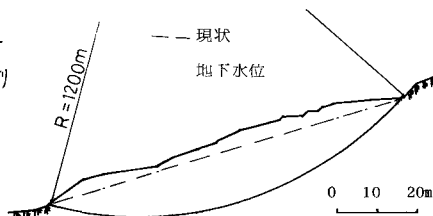


図-3. 計算モデルの地スベリ断面

となり地下水位が下れば、 η_{pl} が大きくなることと理解できる。このことは土の含水比が低くなればより粘弾性体的挙動を示すことを意味する。以上のような方法で計算した結果をグラフにすると図-4の如くなる。この地スベリは η_{pl} の結果から判断すると割合緩慢であること、地下水位によって微妙に動きが変わるか対数確率紙にHazen plotにより表示すると確率速度の平均値 $\eta_m = 1.3 \times 10^{-7}$ cm/secとなるので年間移動量は約40cmであると考えられる。この値は、国内の地スベリ値とも良く合っている(例えば松之山 $\eta_{pl} = 2.18 \times 10^{-8}$ 長者 $\eta_{pl} = 3.8 \times 10^{-8}$)今後融雪期などでは η_{pl} 値が小さくなると思われるので、十分警戒を要する。

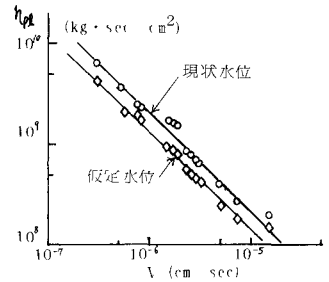


図-4 地下水位による η_{pl} の変化

3. 崩壊の予測

有藤迪孝²⁾によると、地スベリが起る前のヒズミを観測しておけば、そのヒズミ速度($\dot{\epsilon}$)によって破壊時間(t_r)を予知することかできるといい その関係を次式のよに表わした。

$$\log_{10} t_r = 2.33 - 0.916 \log_{10} \dot{\epsilon} \pm 0.59 \quad (7)$$

この原理を利用して現場における地スベリ速度最大時定について検討してみる。これによると図-5に示すように地スベリの移動曲線上にヒズミ間隔($\Delta \epsilon$)の等しい英をとり t_1 からの余裕時間によって t_r を求める。

$$t_r - t_1 = \frac{1}{2} (t_2 - t_1)^2 / \left\{ (t_2 - t_1) - \frac{1}{2} (t_3 - t_1) \right\} \quad (8)$$

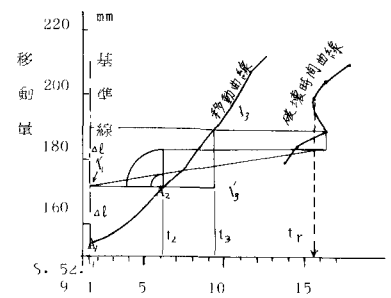


図-5 崩壊予知時間(t_r)の決定法

実際の斜面でこれを適用すると、図に示す t_r の月日となった。ヒズミ測定は夏季以前から行なわれており第1次クリーフ開始を7月中葉においても t_r は約60日となり上と一致する。この時期は先の η_{pl} によ、て判断しても、最も動きが活発であったことが確認され t_r と η_{pl} とが良く符合している。この地スベリの速度も他の地スベリと対応させて示せば、図-6の如くなるがグラフの左側に偏っていてヒズミ速度に尚余裕があった。この地スベリ崩壊に到らなから英と考えられるが、さらにその後排水工事を行な、て地下水位を低下させたので、ヒズミ量も急激に落ち込み辛いたものと思われる。ここで使用した変位量は伸縮計による地表面の測定結果であるが、これによ、ても地スベリ挙動が確認できることが検証された。

4 結 ば

以上秋田県六郷浮屠地区の地スベリについてレオロジー理論と崩壊予知論による検討を試みた。 t_r と η_{pl} は互いに密接な関係にあるが、雪の多い東北々陸では地スベリが融雪期に頻発しているので、この時期に関する t_r と η_{pl} のデータが累積できれば地スベリは相当防げるものと思われる。

なお、データ整理に当り、半田徹氏(国鉄)の努力に負うところが大きかった。記して謝意を表する。

〔 文 献 〕

- (1) 例えは、竹内、「地スベリ」、Vol 3, No 1, 1966 p.31-36
- (2) 有藤,「土と基礎」, Vol 20, No 2, 1972 p.13-19

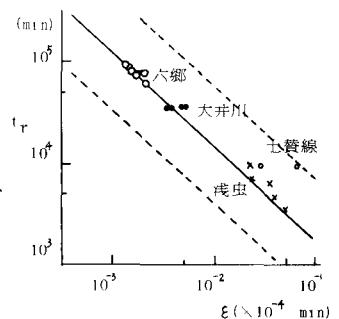


図-6 t_r の比較