

III-449

初生地すべり地帯の風化凝灰岩層に見られる変形特性の二面性について

東京電力（株） 正員○矢野 康明 正員 福島 啓介
日本工営（株） 正員 田中 弘 中橋 貞雄

1. はじめに

架空送電線などの線上構造物の建設では、ルート選定上の関係から、やむを得ず地すべり地帯を通過せざるを得ないことがある。この場合、目的とする構造物の設計・構築の他に、地すべり発生の危険度の判定、地すべり防止工の設計・施工、場合によっては地すべり挙動の動態観測も必要となる。風化凝灰岩層に起因する初生地すべり地帯に建設された送電用鉄塔周辺斜面の挙動観測において、融雪時期の地下水位変動に追隨して、回復性のある極微小な変形が表層約5mの地層内で認められた。この斜面変形挙動を考察するにあたり、対象地層である風化凝灰岩残積土の詳細な物性調査を実施した。その結果、変形特性に砂質土の特徴と粘性土的特徴の二面性を有することが認められたので報告する。

2. 調査対象土層と物理特性

調査地は新潟県内の魚沼層に属する凝灰岩層の丘陵斜面である。深度5m以深ではN値50以上の礫岩・砂岩の互層地盤となっているが、表層約5mに強風化凝灰岩が残積している。この部分（表土1.5mを除く）の不攪乱試料を採取し、以降の室内土質試験に供した。調査地層は、その色調、物理特性などから、上位より表層褐色部、上部乳白色部、水みち部（層厚約10cm、粗砂分が60%で試料成形ができない）、および下部乳白色部に区別できる。このうち、観測された回復性のある極微小な斜面変形挙動と関連するのは上位から二層目の上部乳白色部の地層（深度2.5～4.5m）である。

表-1に各地層の物理特性の平均値を示す。上部乳白色部は、自然含水比 $w_n=74\sim85\%$ が液性限界 $w_L=78\sim84\%$ に近く、塑性指数も $I_p=31\sim40$ を示し、他の二層（表層褐色部と下部乳白色部）と比べて高塑性で鋭敏な粘性土的特性を有する。粒度組成の面からも、他の二層と比べて粗砂分が少なく、その分、シルト・粘土分が多い。別途実施した鉱物分析によれば、構成鉱物は主に比重の小さいハロイサイトや軽石を含む火山ガラスであるため、土粒子密度は $\rho_s=2.49\text{ g/cm}^3$ と小さい。図-1に間隙比の深度分布を示す。着目している上部乳白色部は上下の他の二層に比べて多孔質であることがうかがえる。また、乳白色部の飽和度は上部、下部ともに $S_{ro}=90\%$ 以上と高い。

3. 圧縮特性

圧縮特性を調べるために標準圧密試験を実施した。図-2に $e\sim\log p$ 曲線を示す。圧密荷重 p は通常より2段階大きい $p=51.2\text{ kgf/cm}^2$ まで载荷しているが、この荷重範囲内では、 $e\sim\log p$ 曲線は緩い砂質土のようになだらかな曲線形状を示し、その勾配 $C_c(=-\Delta e/\Delta[\log p])$ も増加し続けている。したがって、圧密降伏応力 p_y を見い出せないとともに、通常規定するような粘性土における正規圧密領域での圧縮指数 C_c も決定できない。図示はしていないが、時間 $(\log t)\sim$ 沈下量の関係も、粘性土で見られるような沈下の遅れはほとんど見られず、砂質土の圧縮試験に見られるような即時的な沈下曲線を示し、載荷後ただちに二次圧縮過程に移行するような挙動を示す。

図-3に二次圧縮係数 $\epsilon_\alpha(=\Delta\epsilon/\Delta[\log t])$ と自然含水比 w_n の関係を示す。同図には Mesri¹⁾の調査結果ならびに代表的な鋭敏粘土である有明粘土

表-1 調査地層の物理特性

調査地層 (地表からの深度) (m)	土粒子		粒度組成				コンシステンシー			自然	飽和度
	の密度 (g/cm3)	粗砂 (%)	細砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	液性 限界 (%)	塑性 限界 (%)	塑性 指数 (%)	含水比 (%)		
表層褐色部 (1.5～2.5)	2.632	31.6	46.0	11.6	10.8	60.2	35.5	24.6	31.5	85.0	
上部乳白色部 (2.5～4.5)	2.491	7.9	39.8	33.3	19.0	81.2	44.9	36.3	79.3	92.6	
水みち部 (4.5-4.6)	2.600	60.0	37.0	1.0	2.0	----	----	----	25.1	----	
下部乳白色部 (4.6-5.3)	2.481	23.6	41.0	23.6	11.8	54.9	40.5	14.4	39.5	94.4	

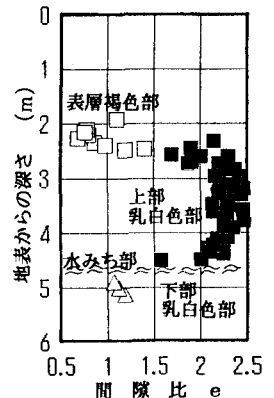


図-1 間隙比の深度分布

のデータ²⁾を併記している。標準圧密試験の時間～沈下量曲線から求めた、風化凝灰岩残積土の二次圧縮係数は $\epsilon_a = 2.0 \sim 2.7\%$ とかなり大きく、この値は Mesri が示した直線に近く、しかも有明粘土にも匹敵する程の大きさである。

4. クリープ変形特性

今回注目している初生的な地すべりの発生誘因としては融雪による地下水位上昇が考えられたため、この場合の斜面内の応力変化を考慮して、多段階载荷による非排水三軸伸張クリープ試験（圧密圧力 $\sigma' = 0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ）を実施し、風化凝灰岩残積土のクリープ変形特性を調べた。クリープ荷重は別途実施した圧密非排水三軸伸張試験（圧密圧力 $\sigma' = 0.5, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、図示はしていないが、非排水せん断では密砂のような体積膨張を呈した）から得られた三軸伸張非排水せん断強度の平均値 $\tau_f = 1.41 \text{ kgf/cm}^2$ を参考にして、その 0.3, 0.6, 0.75, 0.9 倍の荷重を計画した。各载荷段階での計測時間は24時間を基本とした。結果の一例として図-4に $\sigma' = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の軸ひずみ速度 $\epsilon_a \sim$ 経過時間 t の関係図を示す。 $\sigma' = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合も類似の傾向を示しており、クリープ破壊は両拘束圧のケースともクリープ荷重が $0.75 \tau_f$ で生じた。

クリープ破壊に至らない場合、軸ひずみ速度 ϵ_a と経過時間 t は直線関係を示すことが知られている。風化凝灰岩の場合のこの直線勾配 m は、図-4のクリープ荷重 $0.3 \tau_f$ と $0.6 \tau_f$ の結果から $m = 0.97 \sim 0.78$ となっており、多孔質凝灰岩（大谷石）の $m = 0.95$ ³⁾、大阪粘土の $m = 1.00$ 、London clayの $m = 0.93$ ⁴⁾などとそれほど変わらない。一方、クリープ破壊を生じた場合のデータからクリープ破壊時間～定常軸ひずみ速度の関係を調べると図-5のようになる（ただし、加速クリープ時間をクリープ破壊時間として扱った）。同図には斉藤による関係図と、多孔質凝灰岩（大谷石）の排水クリープデータ³⁾を併記したが、風化凝灰岩残積土は斉藤の下限ライン付近に分布し、しかもその分布ラインは母岩である多孔質凝灰岩（大谷石）とかなり一致するものであった。

5. おわりに

著者が扱った風化凝灰岩残積土は、即時圧縮性や $e \sim \log p$ 曲線、ならびに非排水せん断での体積膨張挙動などの点では砂質土的な特性が見られた。それに加えて軟弱粘性土に匹敵する程の二次圧縮特性も有していた。当地区斜面の変形解析や、さらには初生的な地すべり発生判定評価を行うには、こうした砂と粘土の両変形特性を考慮できる変形解析モデルの構築が必要である。

参考文献

- 1) Mesri, G.: Coefficient of secondary compression, Journal of the Soil mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 99, No. SM1, pp. 123-137, 1973
- 2) 吉岡史郎、三浦哲彦：佐賀空港建設に伴う基礎実験と地盤改良のための試験盛土、土と基礎、42-4 (435), pp. 33-38, 1994
- 3) 赤井浩一、足立紀尚、西 好一：堆積軟岩（多孔質凝灰岩）の時間依存性と構成式、土木学会論文報告集、第282号、pp. 75-87, 1979
- 4) Mitchell, J. K.: Fundamentals and Soil Behavior, John Wiley & Sons, Inc., p. 323, 1976

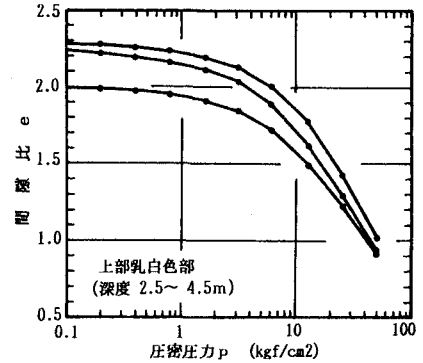


図-2 風化凝灰岩の $e \sim \log p$ 曲線

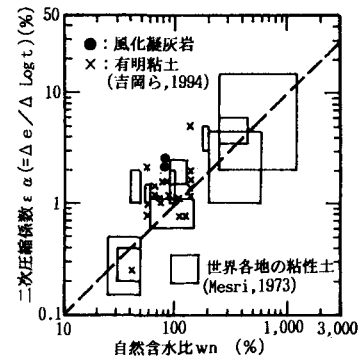


図-3 二次圧縮係数 ϵ_a と自然含水比 w_n の関係

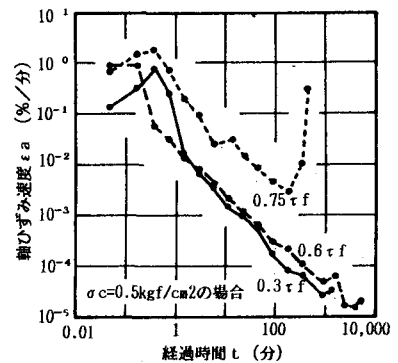


図-4 多段階三軸伸張非排水クリープ試験結果

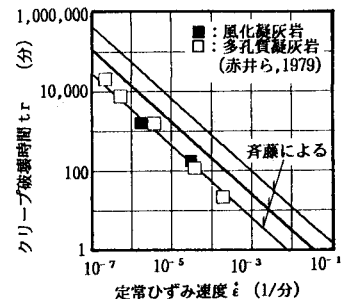


図-5 定常ひずみ速度とクリープ破壊時間の関係