

地すべり地域の排水トンネル坑内で採取された粘土のせん断特性

Shear properties of clay specimen sampled at
the drainage tunnel for landslides

○川本 治*、塚田 華世**、藍 友美*

KAWAMOTO Osamu, TSUKADA Hanayo and AI Tomomi

1. はじめに

大深度で施工される排水トンネル（地すべり対策抑制工）で採取される粘土試料は、すべり面粘土と同等の物性を有する可能性がある場合、今後の地すべり防止施設の維持管理を検討する上で重要な資料となるので、力学特性・基本物性の関係等データ蓄積を図ることが重要と考えられる。ここでは、排水トンネル内ではみ出しを生じた粘土試料の残留強度・完全軟化強度と間隙比の関係を検討したのでその結果を報告する。

2. 対象及び手法

試料採取を行った T 地区排水トンネルは四国地域の秩父帯に位置し、その地質は、仁淀川ユニットと中津山ユニットに区分される基盤岩とこれらを被覆する崖錐堆積物及び崩積土からなる。仁淀川ユニットと中津山ユニットは名野川スラスト（衝上断層）に境される。試料採取箇所はトンネル延長方向に約 13m の幅を有する名野川スラストの断層粘土の分布箇所にあっている¹⁾。NATM 工法によるアーチ部吹付コンクリートが剥離して粘土のはみ出しが発生した箇所で粘土試料を採取して圧密排水条件でのリングせん断試験、三軸圧縮試験及び基礎物性試験を行った。

リングせん断試験はスラリー試料を垂直応力 588kN/m² で先行圧密した後にワイヤーソーで人工的な分離面を作成した後に、垂直応力を 59、118、177kN として参考文献²⁾と同様の試験条件でせん断を行った。三軸圧縮試験はスラリー試料をセル圧 98、196、294kN で圧密して 35φ (mm) 正規圧密試料のせん断を行った。さらに、せん断終了後の薄層供試体の含水比測定³⁾を行い、局所的な間隙比を推定した。

3. 結果及び考察

図 1 にリングせん断試験により測定した応力-変位関係に加えて、この結果から評価した残留強度の評価結果 ($c_r'=0$ 、 $\phi_r'=6.4^\circ$) を示す。図 2 には、三軸圧縮試験により測定した応力-ひずみ関係に加えて、この結果から評価した完全軟化強度の評価結果 ($c_{fs}'=0$ 、 $\phi_{fs}'=13.3^\circ$) を示す。せん断終了後の局所含水比の測定例をそれぞれ図 3、4 に示す。残留強度は極めて小さな値となり、再活動すべりに対する注意が必要となるだけでなく、完全軟化強度も通常値 ($c_{fs}'=0$ 、 $\phi_{fs}'=20.0^\circ$ 程度) に比較して大幅に小さな値となり

*日本大学生物資源科学部、Nihon University College of Bio resource Sciences、 **現大成建設株式会社、Taisei Corporation at present、 斜面安定・土圧・支持力 農地保全

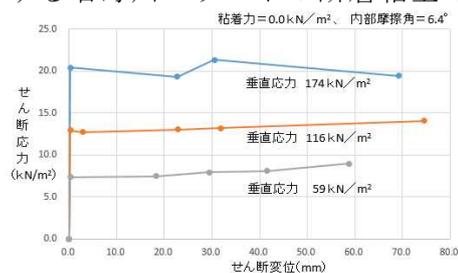


図 1 応力-変位関係 (リングせん断試験)

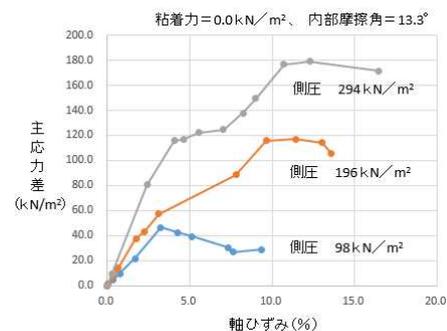


図 2 応力-ひずみ関係 (三軸圧縮試験)

初生すべりも通常よりも危険側の条件で発生することに留意する必要がある。一般に正規圧密試料では、三軸圧縮試験における中小ひずみ範囲のせん断によって強度増加を伴う安定側の塑性流動が生じるが、図2・図4の結果はこれと異なり、粘土粒子の配向に起因すると考えられるひずみ軟化が生じるとともに変形の局所化が生じている。せん断面上での粒子配向が速やかに生ずるように大

きな先行圧密荷重を作用させ、プレカット試料を用いたリングせん断試験でも、せん断面周辺の含水比は局所的に減少している。局所的な含水比の減少に対応した間隙比の低下と垂直応力（リングせん断試験）・平均応力（三軸圧縮試験）との関係を整理した結果をそれぞれ図5、図6に示す。これらの結果と対照するため、吹付を行ったコンクリート壁からはみ出した試料の湿潤密度測定（パラフィン塗布法による）を行った結果、2.00 g/cm³（5試料平均値）を得た。同様にして測定した含水比平均値 34.9%、土粒子密度平均値 2.68 g/cm³を用いると、飽和度 100%、間隙比 0.81 が得られた。トンネル壁面に変状を生じた区間の平均土被り厚は 61.2m、土塊の単位体積重量は 18kN/m³でとされている¹⁾ことから、算定されている採取地点での土被り圧力は 1101.6 kN/m²となる。事業所はトンネル壁面から背後に深度 3.0m のボーリング（4本）を行い、10個のサンプルの物性試験を行っている¹⁾のでこの結果から間隙比を推定し、これらの結果を図5、図6に併記する。これらを対

照すると、不明の因子があるために確定はできないが、変状発生箇所周辺における平均応力・間隙比はここで行った力学試験結果から推定される臨界状態線上には位置しない可能性が高い。したがって、変状区間における粘土試料のはみ出しは、地すべりの再活動または初生すべりのいずれとも異なり、局所的な吸水膨張等により生じた可能性が高いと考えられた。

謝辞：本報告をとりまとめるにあたり、農林水産省中国四国農政局関係者各位から資料の提供と多大の御助力を賜った。ここに深甚の感謝の意を表す。

参考文献：1) 中国四国農政局 高瀬農地保全事業所，中央開発株式会社（2016）：平成 27 年度 高瀬農地保全事業 ABD ブロック調査測量設計業務 報告書（調査編・測量編），pp.20-42. 2) 川本治・山田康晴・古谷保（2007）：農村工学研究所報告，第 46 号，pp.49-65, 3) 川本治・宮崎毅・中野政詩（2009）：農業農村工学学会論文集，第 262 号，pp.57-65.

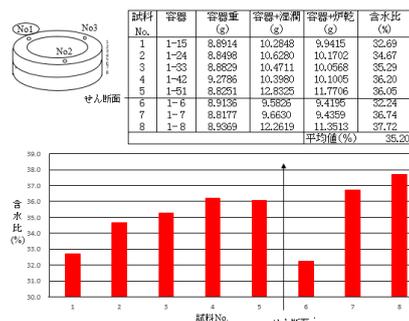


図3 局所含水比（リングせん断試験、垂直応力 177 kN/m²）

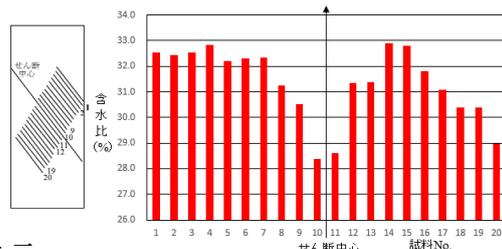


図4 局所含水比（三軸圧縮試験、平均応力 294 kN/m²）

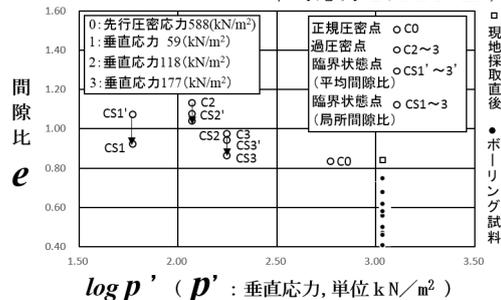


図5 $e - \log p'$ 関係（リングせん断試験）

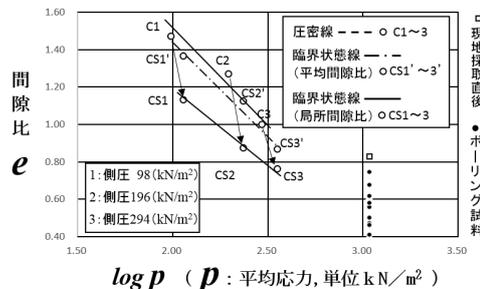


図6 $e - \log p$ 関係（三軸圧縮試験）