

サクシヨン制御式三軸圧縮試験装置を用いたサクシヨン除荷に伴う不飽和砂質土の

せん断変形について

高知大学 笹原克夫

1. はじめに

筆者は降雨による砂質土斜面の崩壊を予測するためのツールとして、「降雨による急勾配砂質土斜面のせん断変形モデル」を開発した¹⁾。このモデルは不飽和浸透流解析と斜面せん断変形モデルの組み合わせである。本モデルの精度向上のためには、物性の不均質な自然斜面への降雨浸透の予測精度の向上²⁾と、斜面せん断変形モデルの基礎となる、不飽和砂質土のサクシヨン除荷に伴うせん断変形予測精度の向上が必要である。本報では後者について検討するため、まずは粒度分布の異なる砂質土を用いて供試体を作成し、降雨浸透に伴う飽和度上昇に伴う土のサクシヨン減少に伴う変形を再現するための不飽和三軸圧縮試験装置³⁾内を用いて、斜面内の応力状態を再現するために異方圧縮とした条件下でサクシヨン除荷試験を行って、サクシヨン除荷に伴う圧縮・せん断変形の状況について検討する。また土の粒度分布と圧縮・せん断特性の関係を検討する。

2. 研究方法

2.1 試料

粒度分布の異なる砂質土を対象とするが、特に粒度分布曲線の勾配に着目するため、50%粒径が0.5mmと等しく均等係数が8.5, 31.4, 244 と異なる3種類の砂質土を、珪砂と藤の森粘土を混合して作成した(図-1)。

2.2 試験装置と方法

試験装置として供試体に載荷する側圧と軸圧のみならず、供試体の内的応力であるサクシヨンも制御できるサクシヨン制御型三軸圧縮試験装置³⁾を用いた。本装置は供試体内の間隙空気圧 u_a と間隙水圧 u_w を独立に制御することが可能で、 $s = u_a - u_w$ により定義されるサクシヨン s の制御が可能である。また供試体の体積変化は内セルの水面高変化を計測することにより測定した。

試験は初期状態からせん断応力の作用している斜面内の土の応力状態を考慮して異方応力状態で行い、降雨浸透に伴うサクシヨンの減少を再現するために、供試体のサクシヨンを除荷する方法で行った。手順を以下に示す。

- (1) 供試体を三軸セル内にセット。
- (2) 側圧及び軸圧 9.8(kPa)の元でサクシヨン 78.5(kPa)を載荷。
- (3) 側圧 19.6(kPa), 98.1(kPa)の元で等方圧縮。
- (4) 主応力差 200(kPa)になるまでひずみ速度 0.017 (%/min.) でせん断(側圧一定)。
- (5) サクシヨンを 78.5(kPa)→68.6(kPa)→58.8(kPa)→49(kPa)→39.2(kPa)→29.4(kPa)→19.6(kPa)→9.8(kPa)→0(kPa)と除荷。各サクシヨン段階毎に供試体の変形と吸排水が平衡状態になるまで待つ。

3. 結果

図-2 にサクシヨン除荷に伴う各供試体の(a)軸ひずみ, (b)間隙比, (c)体積含水率の変化を示す。(a)より均等係数の小さな供試体ほどサクシヨン除荷に伴う軸ひずみが大きくなること、サクシヨンが 20(kPa)以下まで減少すると軸ひずみが急増することがわかる。また(c)より軸ひずみの急増する供試体ではそれに伴って体積含水率も急増している。領域では(b)よりサクシヨン除荷によりすべての供試体は圧縮するが、特に均等係数の大きな UcNo.3 では圧縮量が大きいことがわかる。

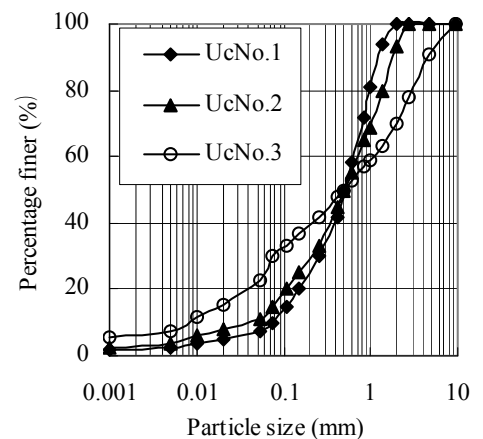


図-1 試料の粒度分布

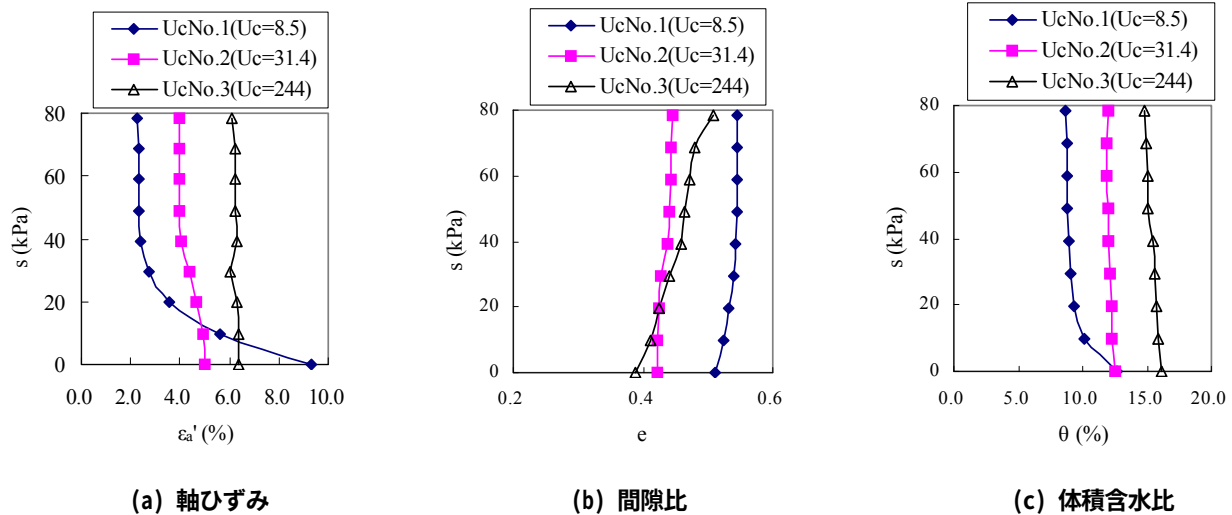


図-2 サクシヨン除荷に伴うせん断・圧縮変形の状況

4. 考察

4.1 サクシヨン除荷過程における圧縮

図-3 に全サクシヨン除荷段階前後の各供試体の圧縮量 $-\Delta e/(1+e_i)$ を比較して示す。ここで e_i はサクシヨン78.1(kPa)における間隙比であり、初期間隙比である。 $-\Delta e/(1+e_i)$ はサクシヨン除荷過程における体積ひずみに等しい。均等係数が最も小さいUcNo.1とその次に小さいUcNo.2が0.02前後とほぼ等しい値をとるが、最も均等係数の大きいUcNo.3は0.08と大きい。つまり均等係数が大きいほどサクシヨン除荷に伴う体積圧縮も大きい傾向があることが判明した。

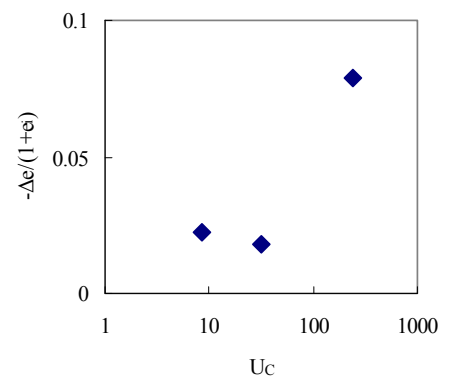


図-3 サクシヨン除荷に伴う圧縮量

4.2 サクシヨン除荷によるせん断

図-4 に全サクシヨン除荷段階前後の軸ひずみ増分 ϵ_a' と供試体の均等係数の関係を示す。これを見ると均等係数が8.5と最も小さいUcNo.1の軸ひずみ増分 ϵ_a' が圧倒的に大きく、それより均等係数の大きな供試体と異なる。UcNo.2とUcNo.3では均等係数の大きなUcNo.3の方が軸ひずみ増分 ϵ_a' が小さい。つまり均等係数が小さい方がサクシヨン除荷によるせん断が著しく、特に均等係数が10より小さい供試体ではサクシヨン除荷によるせん断が著しいということである。

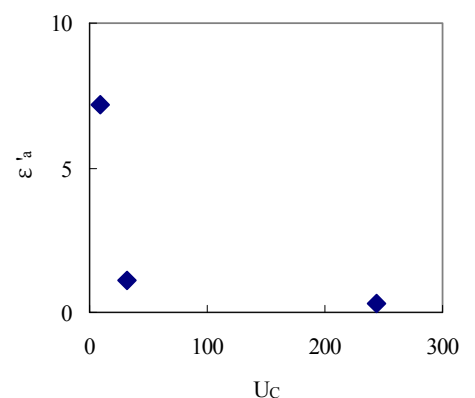


図-4 サクシヨン除荷に伴う軸ひずみ増分

5. おわりに

均等係数の大きな砂質土ほど、サクシヨン除荷に伴う圧縮は大きくなるが、逆にサクシヨン除荷に伴うせん断は均等係数が小さいほど大きいことが判明した。このように砂質土の粒度分布はサクシヨン除荷に伴うせん断・圧縮変形に大きな影響を与える。

参考文献

- 1) 笹原克夫・海老原和重・門間敬一(2000): 降雨による急勾配砂質土斜面崩壊予測のためのパラメーターに関する検討, 砂防学会誌, Vol.53, No.3, pp.11-19.
- 2) 笹原克夫・谷本守道・田村圭司(2009): 現地計測データを用いたまさ土斜面の土壌水分曲線の同定手法に関する研究, 日本地すべり学会誌 (印刷中).
- 3) 笹原克夫・小山内信智・田村圭司(2008): 間隙比および応力経路が不飽和砂質土の土壌水分特性曲線に及ぼす影響, 日本地すべり学会, Vol.45, No.4, pp.20~27.