

三軸せん断試験時に発揮されるシラスの圧縮指数の決定

鹿児島大学工学部 正〇三隅浩二

同 上 大学院 吉村公孝 木村裕樹 秋吉智文

同 上 工学部 大川内一博

1. はじめに 三軸せん断試験結果より圧縮指数 λ を決定する方法を提案する. 先にピーク破壊時のデータより λ を決定する方法を提案しているが¹⁾, ピーク破壊は破壊の始まりであり, 端面拘束の影響もあって三軸供試体はかなりの不均質な状態にあるものと考えられる. そこで, 今回は, 三軸供試体が比較的均質な状態であると考えられる応力レベルで λ を決定する方法を試みる. すなわち, 三軸供試体がせん断中に圧縮から膨張に転ずるときまでに発生した体積ひずみ量 εv_{max} に着目する. 今回は, シラスの三軸せん断試験結果より λ を決定して提案方法の有効性を検討する.

2. 平均主応力一定三軸排水せん断試験 試料は鹿児島県垂水市で採取された山シラスであり, 850 μm ふるいを通過し75 μm ふるいに残留したものを使用した. 土粒子の密度2.42g/cm³, 最大間隙比1.76, 最小間隙比1.00である. 三軸供試体は試料を水中落下させてモールドに体積したものを凍結して作製した. この供試体作製に伴うシラス土粒子の構造を消失させるために, いずれの供試体も $p' = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ において平均主応力一定条件で応力比 $\eta' = q/p' = 1.2$ までの載荷と除荷を繰り返す静的載荷による攪乱を与えている. 繰返し回数はいずれも2回とした.

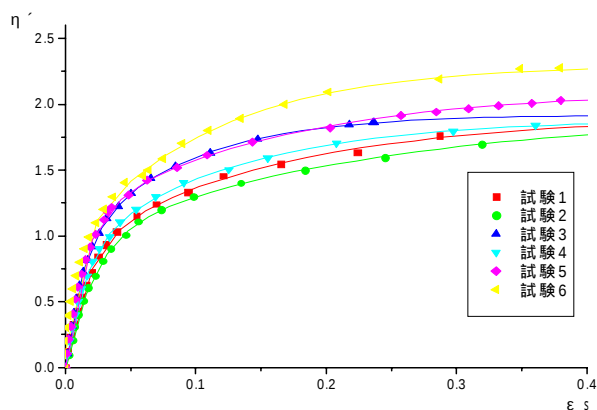
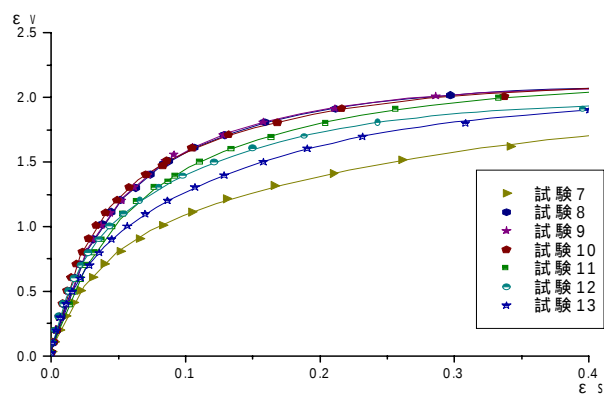
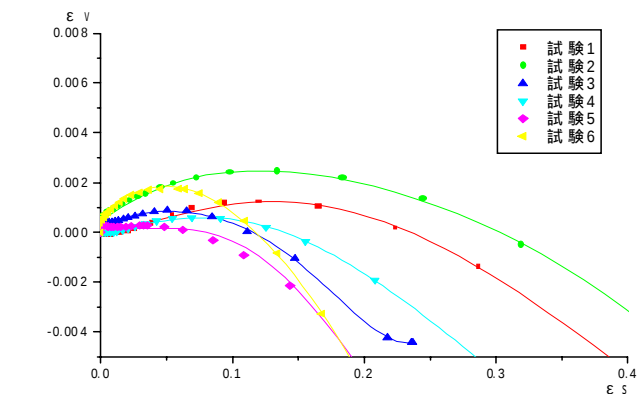
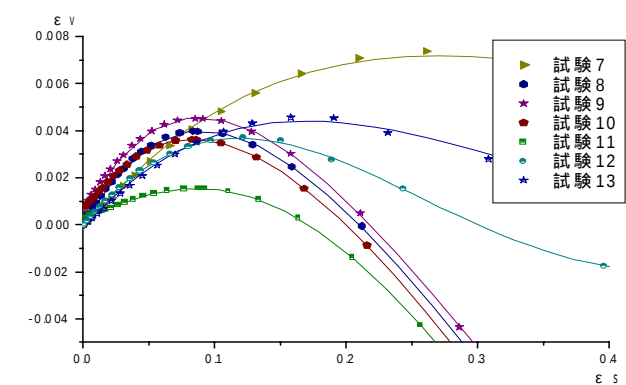
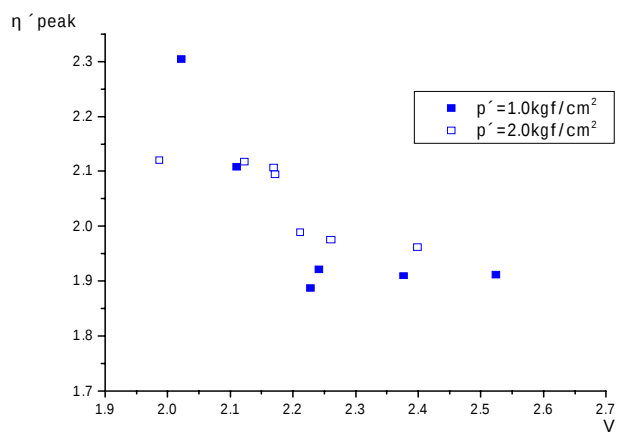
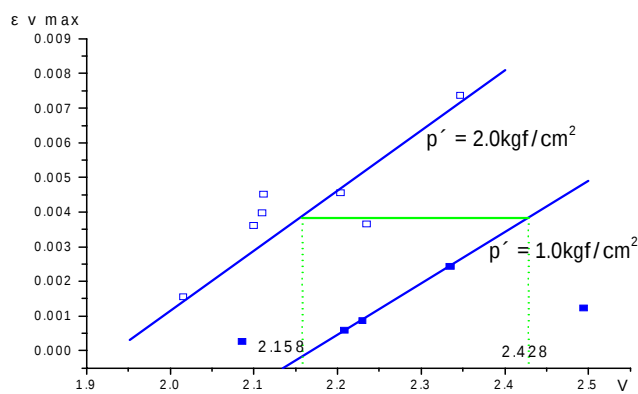
さて, 図1, 図2はその静的繰返し載荷を被った三軸供試体を所定の圧力まで等方圧縮した後に平均主応力一定条件で三軸排水せん断試験した結果を示している. すなわち, 図1は $p' = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の応力比 $\sim$ せん断ひずみ関係ならびに体積ひずみ $\sim$ せん断ひずみ関係(試験1 $\sim$ 試験6)を, 図2は $p' = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の試験結果(試験7 $\sim$ 試験13)を示している.

3. 圧縮指数 λ の決定 $v \sim \ln p'$ 空間において, 正規圧密線($v = N - \lambda \ln p'$)と限界状態線($v = \Gamma - \lambda \ln p'$)と同じ傾きを持つ平行線を $v = v_\lambda - \lambda \ln p'$ と表すことにする²⁾. 通常の応力レベルにおける砂質土の三軸せん断試験結果では $v_\lambda < \Gamma$ となることが多い. この時 $v_\lambda = v + \lambda \ln p'$ は値が小さいほど過圧密の程度が大きい. そこで, 密度と拘束圧の異なる複数の三軸せん断試験を実施して, 応力ひずみ曲線の一致する実験結果B, Cを得ることができれば, 次の方法により λ を決定することができる. $(\eta_{peak}')_B = (\eta_{peak}')_C$ ならば $(v_\lambda)_B = (v_\lambda)_C$, すなわち, $(v)_B + \lambda (\ln p')_B = (v)_C + \lambda (\ln p')_C$ の関係より, 未知ラメータ λ を $\lambda = ((v)_B - (v)_C) / ((\ln p')_C - (\ln p')_B)$ より決定することができる¹⁾. しかしながら, 三軸供試体の不均質性を考慮すれば, ピーク破壊時の試験結果を用いる方法は精度に問題が残る. そこで, 精度向上のため今回は三軸供試体がせん断中に圧縮から膨張に転ずるときまでに発生した体積ひずみ量 εv_{max} に着目して, $(\varepsilon v_{max})_B = (\varepsilon v_{max})_C$ ならば $(v_\lambda)_B = (v_\lambda)_C$ として λ を決定する方法を試みている.

さて, 図3は最大の応力比 η_{peak}' とその時の v の関係を示す. 静的繰返し載荷を被った三軸供試体を使用したためか, 平均主応力の違いに関する規則性が見て取れず, 今回この図より λ を決定することができなかった. 図4は圧縮から膨張に転ずるときの εv_{max} とその時の v の関係を示す. $p' = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ と $p' = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ のデータのそれぞれに直線をあてはめている. これらの直線の隔たりが $(v)_B - (v)_C$ となっている. 実のところこれら2直線は平行でないので最大の εv_{max} と最小の εv_{max} の中間の $\varepsilon v_{max} = 0.00383$ で $(v)_B - (v)_C$ を決定した. 結局, $\lambda = ((v)_B - (v)_C) / ((\ln p')_C - (\ln p')_B) = 0.390$ が得られた.

図5のプロットは各試験で得られた圧縮から膨張に転ずるときの $d\eta' / d\varepsilon_s$ とその時の v_λ の関係を示す. 右下がりの直線はプロットに線形最小二乗法を適用して得たものである. この直線を用いて $d\eta' / d\varepsilon_s = 0$ のときの v_λ の値より限界状態線の位置を決めるパラメータ $\Gamma = 3.02$ を決定することができた. 図6のプロットはせん断試験結果を $v \sim \ln p'$ 空間に示したものである. 2つの実線は今回の解析で得られた限界状態線($v = \Gamma - \lambda \ln p'$)と $\varepsilon v_{max} = 0.00383$ すなわち $v_\lambda = 2.43$ の時の平行線($v = v_\lambda - \lambda \ln p'$)を示している.

参考文献 1) 三隅浩二, 秋吉智文ほか, 三軸せん断試験による砂質土の圧縮指数の決定, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 48, pp.463-464, 2005.3. 2) J.H.Atkinson, P.L.Bransby, The Mechanics of Soils, McGRAW-HILL Book Company(UK)Limited, pp.235-262, 1978.

図1 $\eta' \sim \epsilon s \sim \epsilon s$ 関係 ($p' = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)図2 $\eta' \sim \epsilon s \sim \epsilon s$ 関係 ($p' = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$)図3 $\eta'_{\text{peak}} \sim V$ 関係図4 $\epsilon v_{\text{max}} \sim V$ 関係図5 $d\eta' / d\epsilon s \sim V_{\lambda}$ 関係図6 $V - \ln p'$ 関係