

## 砂質土の拘束圧・初期間隙比の組合せと三軸試験結果の関係

鹿児島大学大学院理工学研究科 正 ○三隅 浩二  
 ケアショップ小田原 小田原 市典  
 西日本システム建設 名和 智彦  
 鹿児島大学工学部 久保 信二  
 同上 林 和孝  
 朝日開発コンサルタント 野元 優也

1. はじめに 本研究では、試料にしらすを用いて拘束圧一定条件で軸圧制御による段階載荷三軸試験を実施した。試験の結果を整理して、まず、応力比  $\eta'$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係および体積ひずみ  $\varepsilon_v$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係を求めた。次に、圧縮から膨張に転ずるところの体積ひずみ  $\varepsilon_v$  と比体積  $v$  の関係を用いて、圧縮指数  $\lambda$  を決定した。最後に、せん断開始時点の平均主応力  $p_0'$  (すなわち拘束圧) とせん断開始時点の比体積  $v_0$  (すなわち  $v_0 = 1 + e_0$ ,  $e_0$  は初期間隙比) 圧縮指数  $\lambda$  より求められる状態量  $v_{\lambda 0} = v_0 + \lambda \ln p_0'$  で応力比  $\eta'$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係および体積ひずみ  $\varepsilon_v$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係を整理して考察した。

2. 三軸試験結果 試料は鹿児島県垂水市で採取された山シラスであり、 $850 \mu\text{m}$  ふるいを通過し  $75 \mu\text{m}$  ふるいに残留したものを使用した。土粒子の密度  $2.42 \text{g/cm}^3$ , 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。さて、図1~図4は、三軸供試体を所定の圧力まで等方圧縮した後、拘束圧一定条件で軸圧制御による段階載荷を行って得られた三軸試験結果を示している。図1は  $p' = 50 \text{kPa}$  の場合の応力比  $\eta'$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係を、図2は体積ひずみ  $\varepsilon_v$  ~ せん断ひずみ  $\varepsilon_s$  関係を、図3, 図4は  $p' = 100 \text{kPa}$  の場合の同様な試験結果を示している。

3. 圧縮指数  $\lambda$  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  $v = v_{\lambda} - \lambda \ln p'$  と表わせば、 $v_{\lambda} = v + \lambda \ln p'$  は、この平行線の位置を決めるパラメータとなっている (図5参照)。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最大のプラスの体積ひずみ  $\varepsilon_{v \max}$  に着目して  $\lambda$  を決定する。すなわち、 $v$  と  $\ln p'$  の値が異なる状態A点, B点において ( $\varepsilon_{v \max}$ )  $A = (\varepsilon_{v \max})_C$  ならば  $(v_{\lambda})_A = (v_{\lambda})_C$ , と考えて、 $(v)_A + \lambda (\ln p')_A = (v)_B + \lambda (\ln p')_B$  の関係より、未知のパラメータ  $\lambda = ((v)_A - (v)_B) / ((\ln p')_B - (\ln p')_A)$  を決定している。図6は  $\varepsilon_{v \max}$  とその時の  $v$  の関係を示す。 $p' = 0.5 \text{kgf/cm}^2$  と  $p' = 1.0 \text{kgf/cm}^2$  のデータのそれぞれに平行な曲線の式をあてはめている。これらの隔たりが  $(v)_A - (v)_B$  となっている。結局、 $\lambda = ((v)_A - (v)_B) / ((\ln p')_B - (\ln p')_A) = 0.194$  が得られた。

4. 状態量  $v_{\lambda 0}$  による三軸試験結果の考察 図7, 図8は、 $\eta' \sim \varepsilon_s$  関係と  $\varepsilon_v \sim \varepsilon_s$  関係を  $v_{\lambda 0}$  で整理した図である。図中の数字は  $v_{\lambda 0}$  の値を示す。これより  $v_{\lambda 0} = v_0 + \lambda \ln p_0'$  の値が小さいほど破壊時の  $\eta$  が大きく、 $\varepsilon_v$  は小さくなり、圧密傾向が小さくなる傾向があることがわかる。また、せん断開始時点の平均主応力  $p_0'$  (すなわち拘束圧) とせん断開始時点の比体積  $v_0$  (すなわち  $v_0 = 1 + e_0$ ,  $e_0$  は初期間隙比) が異なっても、 $v_{\lambda 0} = v_0 + \lambda \ln p_0'$  の値が同じであれば、 $\eta' \sim \varepsilon_s$  関係と  $\varepsilon_v \sim \varepsilon_s$  関係がほぼ等しくなっていることも確認することができる。

5. おわりに 圧縮指数  $\lambda$  は圧縮だけでなくせん断に関わる重要なパラメータである。すなわち、 $\lambda$  はひずみの発生量を決める重要なパラメータであり、その精度は、地盤の変形解析結果に大きな影響を与える。土の構成式に必要な弾塑性パラメータやメカニズムの精度は、 $\lambda$  の精度に依存して決まるので、できるだけ多くの三軸試験結果から決定することが必要である。

参考文献 1) J. H. Atkinson, P. L. Bransby, The Mechanics of Soils, McGRAW-HILL Book Company (UK) Limited, Chapter 12 The Behaviour of Sands, pp. 235-262, 1978

2) 小田原市典, 片面排水で実施するしらすの段階載荷三軸試験結果の解析, 平成22年度修士論文, 2011. 2.

3) 名和智彦, 骨格変形係数による軟弱地盤の地盤改良効果の検討, 平成22年度修士論文, 2011. 2.

キーワード: 三軸せん断試験, 砂質土, しらす, 圧縮指数, ダイレイタンシー, 弾塑性構成式  
 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科 TEL&FAX: 099-285-8474

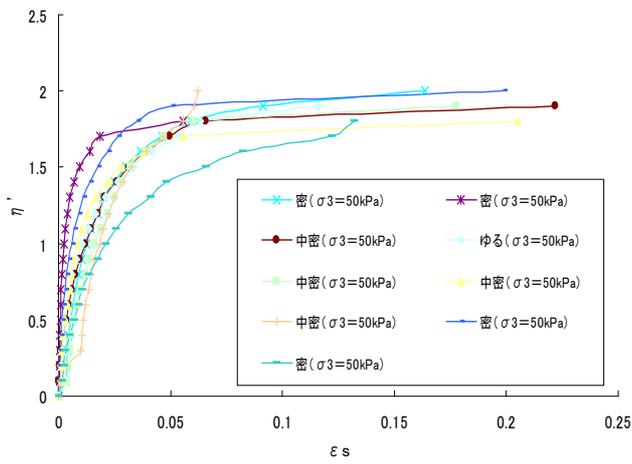


図1  $\eta' \sim \epsilon s$  関係

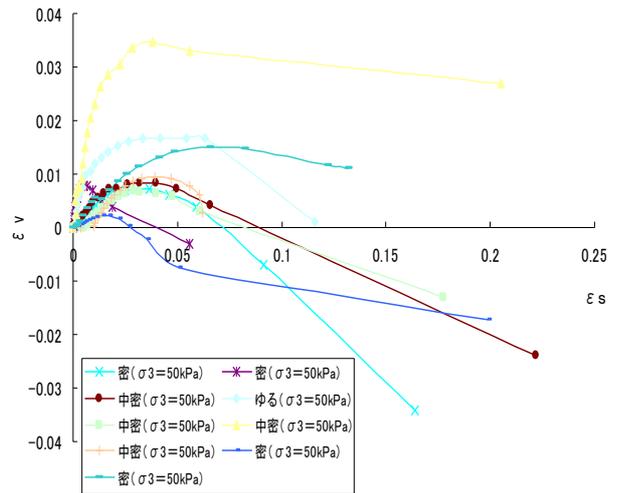


図2  $\epsilon_v \sim \epsilon_s$  関係

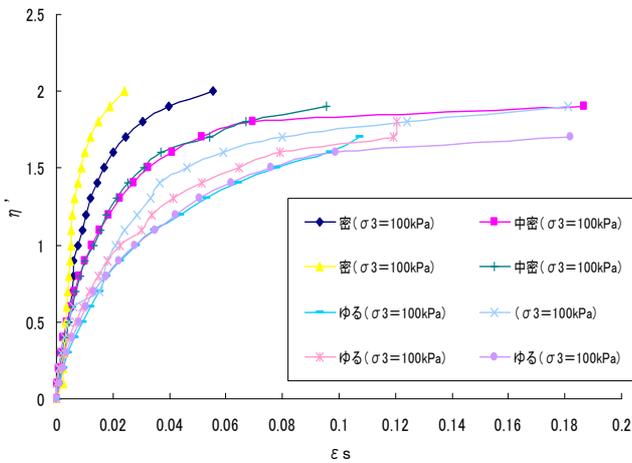


図3  $\eta' \sim \epsilon s$  関係

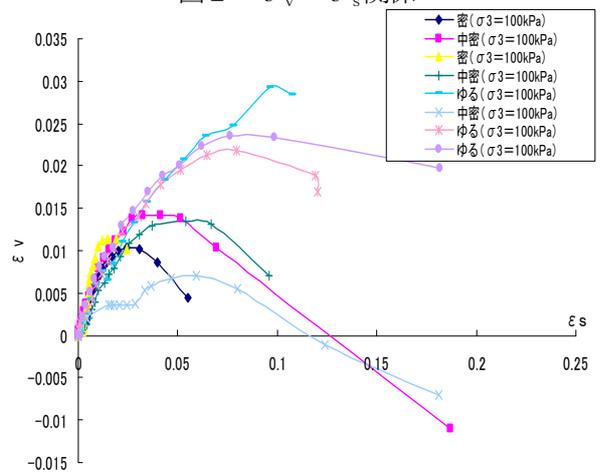


図4  $\epsilon_v \sim \epsilon_s$  関係

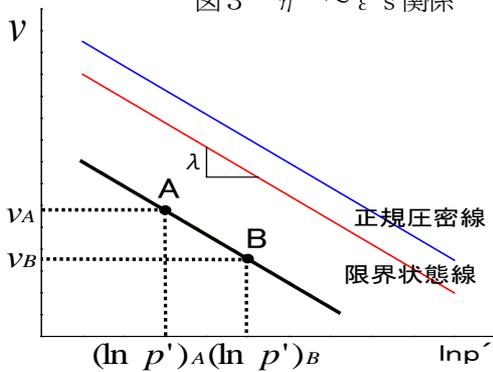


図5  $\lambda$  決定の考え方

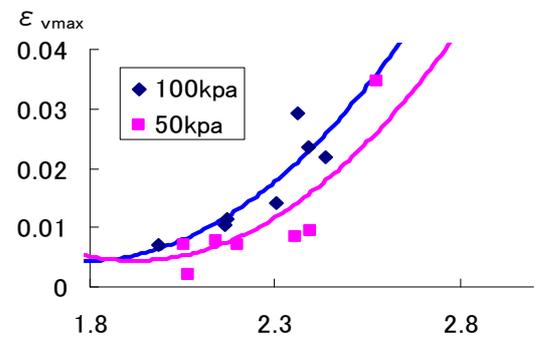


図6  $\lambda$  の決定

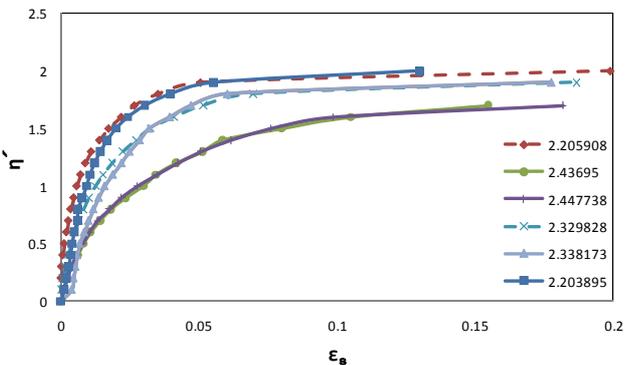


図7  $\eta' \sim \epsilon s$  関係の整理

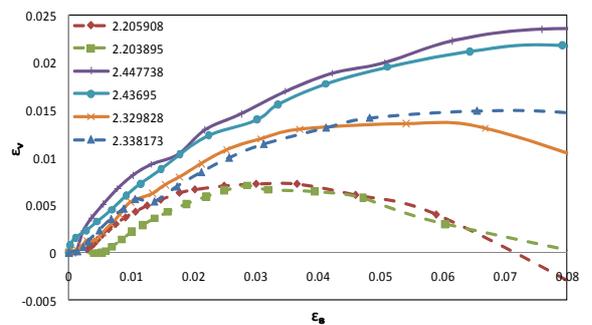


図8  $\epsilon_v \sim \epsilon_s$  関係の整理