

定圧一面せん断試験による砂の定常状態密度の推定

首都大学東京	正会員	○吉嶺	充俊
首都大学東京		香西	勇祐
首都大学東京	正会員	細野	康代
首都大学東京		汪	清夢

1. 目的

一面せん断試験は三軸せん断試験などと比べると圧倒的に簡便・短時間で経済的に実施でき、試料も少量ですむという利点がある。しかし供試体の変形が著しく局所化するため、ひずみや密度を直接的に測定することができない。本研究では、拘束圧が同じならば砂の定常状態における密度は初期密度によらず同一になるという性質を考慮して、砂の定常状態における拘束圧と密度の関係(定常状態線)を推定してみる。

2. 定圧一面せん断試験の試験条件と実験結果

実験には乾燥した豊浦砂(平均粒径0.2mm)を用いた。供試体の水平断面は直径60mm、面積 $A = 28.3\text{cm}^2$ の円形であり、供試体の高さは約10mm, 16mm, 20mm, 30mmの4通りとした。垂直拘束圧条件は $\sigma = 50\text{kPa}$, 100kPa, 200kPa, 400kPaの4通りとし、幅広い初期密度条件で定圧一面せん断試験を実施した。

図1と図2の代表的な試験結果から、せん断変位が5mmを超えるとほぼ確実に定常状態に至っていることがわかる。三軸試験では軸ひずみが30%を超えても完全に定常とはならないことが多く、この点も一面せん断試験の大きな利点である。図1からは初期密度によらず拘束圧 σ が同一ならば定常状態でのせん断応力 τ がほぼ同一になることがわかる。この図には供試体高さが約20mmの実験結果のみを表示しているが、他の供試体高さでも同様であり、応力測定の高信頼性は高いことを示している。一方、図2からは拘束圧 σ が同一でも、供試体質量 m を全体積 V_a で除して求めた全体密度 ρ_a の定常状態での値は大きくばらついてしまうことがわかる。

3. せん断帯内の砂の密度と定常状態線の推定

供試体全体の体積が V_a でその平均的な密度が $\rho_a = m/V_a$ であるとき、変形は体積が V_b のせん断帯に集中していて、せん断帯の中の密度は ρ_b で均一であると仮定する。また、せん断帯以外の体積 $V_a - V_b$ の部分では密度が初期値 ρ_c に等しく保たれていると仮定すると、 $\rho_c = -(V_a/V_b)(\rho_a - \rho_c) + \rho_b$ という関係がある。砂質土のせん断帯の幅 H_b は拘束圧や初期密度にあまりよらずに平均粒径の10~20倍程度と言われているので体積 $V_b = AH_b$ も一定とみなす。すると実験結果を用いて定常状態における $V_a(\rho_a - \rho_c)$ と ρ_c の関係をプロットすれば、それは切片が定常状態密度 ρ_b 、傾きが $-1/V_b$ の直線となるはずである。図3は上載圧 $\sigma = 200\text{kPa}$ の実験結果についてこの関係をプロットしたもので、供試体高さ約10mmの場合は ρ_b と V_b がともにやや小さくなる傾向があるが、これを一括して直線近似して他の拘束圧での実験結果とともに表示したものが図4である。最後に図4から近似直線の切片 ρ_b すなわちせん断帯の定常状態密度を求めて拘束圧に対してプロットした定常状態線を図5に示した。図5にはDafaliasら(2004)が限界状態モデルによる豊浦砂のせん断挙動シミュレーションに用いた定常状態線(TC:三軸圧縮, SS:単純せん断, TE:三軸伸張)もあわせて表示してある。

4. せん断帯の幅(厚さ)について

上述の方法で求めた ρ_b を用いて定常状態でのせん断帯の体積 $V_b = V_a(\rho_a - \rho_c)/(\rho_a - \rho_b)$ と幅 $H_b = V_b/A$ をあらためて各実験について計算し、拘束圧ごとあるいは供試体高さごとの平均値を図6に示した。計算されたせん断帯の幅 H_b には拘束圧や供試体高さの影響はみられず、平均的にはおよそ $H_b = 6.4\text{mm}$ 程度である。これは豊浦砂の平均粒径の30倍以上でかなり大きく、複数のせん断帯がレンズ状に形成されていることも考えられる。せん断帯の体積や幅が試料の平均粒径などからあらかじめわかっているならば、より少ない実験回数で定常状態における砂の密度と拘束圧の関係を求めることが可能かもしれない。

キーワード 一面せん断試験, 砂, 密度, 定常状態, せん断帯

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 都市基盤環境学域 TEL 042-677-2772

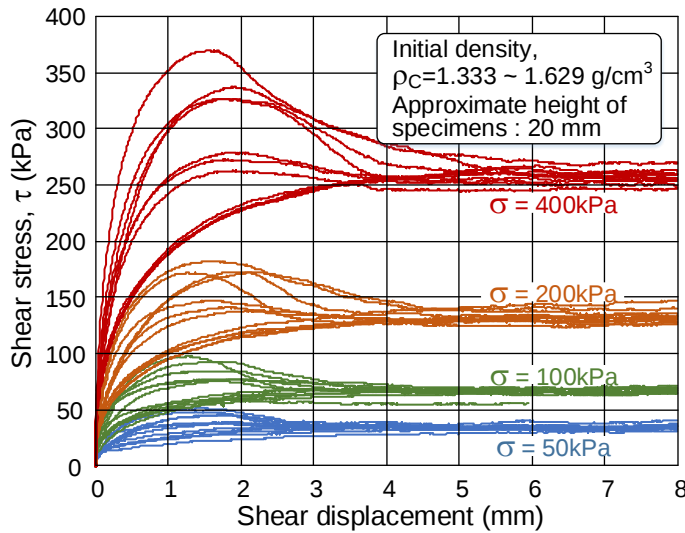


図1 セン断応力-せん断変位関係

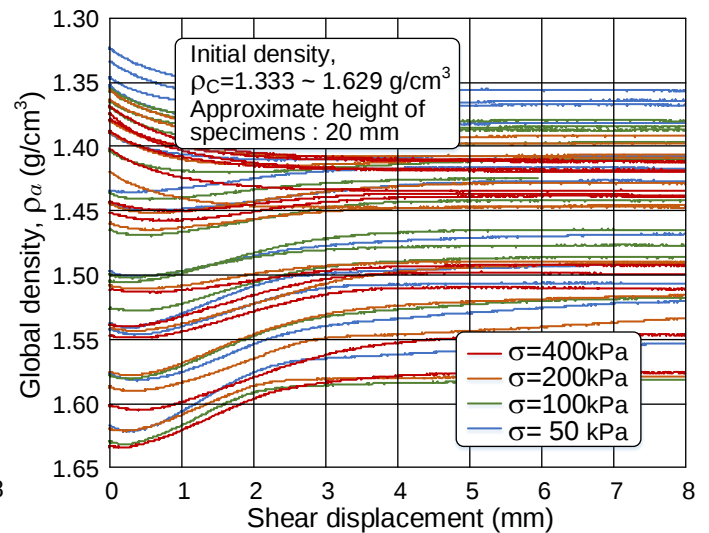


図2 供試体全体の密度-せん断変位関係

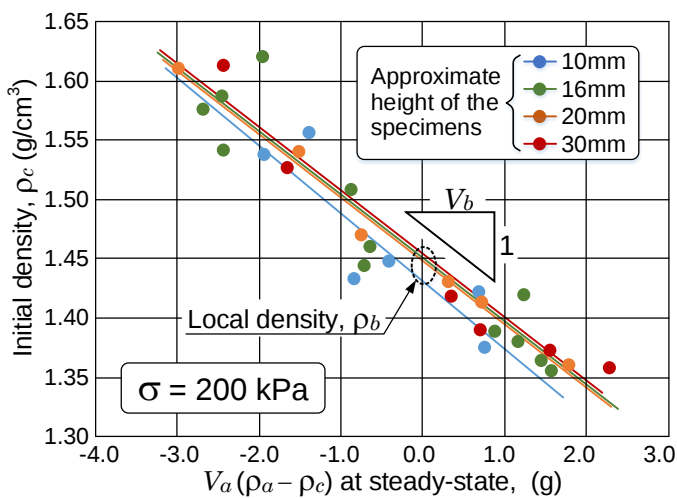
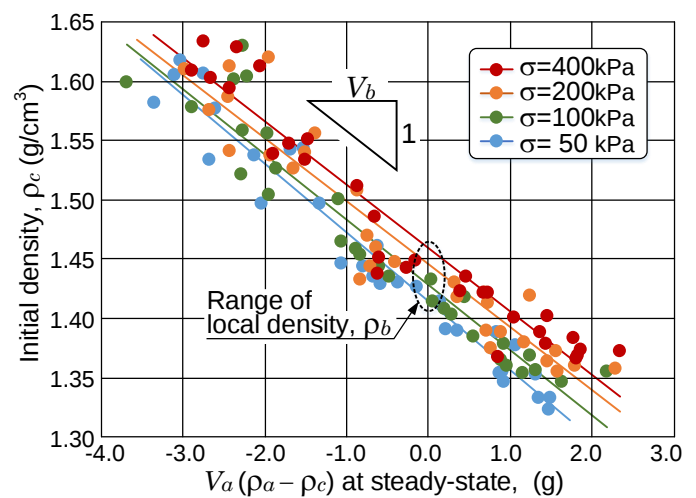
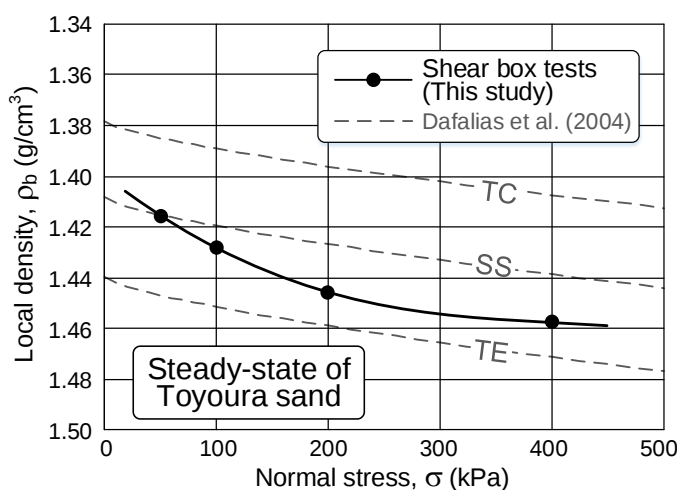
図3 初期密度 ρ_c と $V_a(\rho_a - \rho_c)$ の関係 ($\sigma=200\text{kPa}$)図4 初期密度 ρ_c と $V_a(\rho_a - \rho_c)$ の関係

図5 定常状態における密度と拘束圧の関係

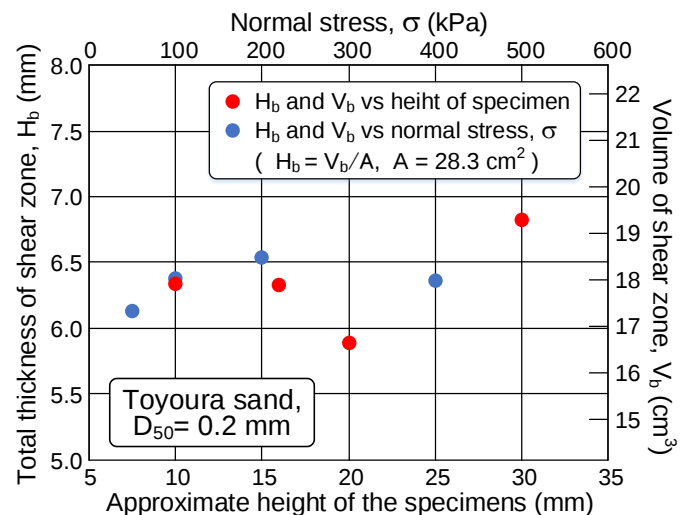


図6 セン断帯の厚さと体積

参考文献

Y. F. Dafalias, A. G. Papadimitriou and X. S. Li (2004), Sand plasticity model accounting for inherent fabric anisotropy, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 130, No. 11, pp.1319-1333.