

構造異方性を有する砂の非排水せん断挙動に与える密度の影響

山口大学工学部 正員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
清水建設(株) 正員 吉村正芳
山口大学大学院 学生員 ○山田泰弘 板倉志保美

1 はじめに

筆者ら¹⁾は、これまで初期構造異方性を有する中密な砂供試体を用いて主応力方向を固定した条件下での非排水せん断試験を行っている。その結果、豊浦砂($D_r=60\%$)の有効応力径路や応力ひずみ関係は、せん断時の主応力方向によって異なり、主応力方向に依存してひずみ軟化挙動を示すことが明らかとなった。本報では、この豊浦砂を用い主応力方向を固定した条件下で密度が非排水せん断挙動にどのような影響を与えるかを実験的に検討するものである。

2 試料および実験方法

実験は、自動制御・計測可能な中空ねじりせん断試験機を用いて行った。供試体は、内径6cm・外径10cm・高さ20cmの中空円筒形供試体である。用いた試料は豊浦砂であり、供試体は相対密度 $D_r=30\%$ 、 90% を目標にして空中落下法により作成し、炭酸ガスの通気、脱気水の通水および200kPaの背圧の負荷により飽和させた。図-1は、供試体の要素、および要素に作用する応力を模式的に示したものである。本研究では、最大主応力方向 σ_1 と鉛直軸とのなす角を主応力方向角 α_σ と定義している。

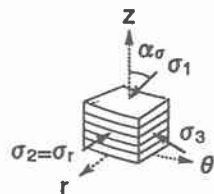


図-1 供試体要素

図-2は、本研究の応力径路を示したものである。圧密過程は、初期状態の $p'=30\text{kPa}$ から100kPaになるまで応力制御で行った。せん断過程は、非排水条件のもとでひずみ制御方式を用いて $p=100\text{kPa}$ 、 $b=0.5$ および主応力方向角 α_σ を一定に保ちつつ行った。今回行った試験は、主応力方向角 $\alpha_\sigma=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ の5種類である。

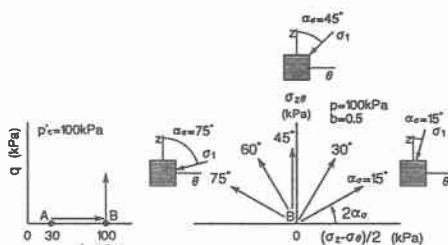


図-2 試験の応力径路

3 実験結果と考察

図-3(a),(b)は、主応力方向固定試験より得られた平均有効主応力 p' -軸差応力 q 平面における有効応力径路を示したものである。(a)図は $D_r=90\%$ の結果、(b)図は $D_r=30\%$ の結果を示している。いずれの結果においても、主応力方向角 α_σ の違いは、有効応力径路に影響を与えていることがわかる。また、密度の違いによって有効応力径路に現れる挙動が異なっていることがわかる。 $D_r=90\%$ では、いずれの α_σ においてもせん断時に常に軸差応力が増大するひずみ硬化の挙動を示している。一方、 $D_r=30\%$ では、 $\alpha_\sigma=15^\circ$ は変相状態に達する以前に q が減少するひずみ軟化挙動を示した後、変相状態に至り軸差応力が増大するのに対し、 $\alpha_\sigma=30^\circ$ は、ひずみ軟化し $q=15\text{kPa}$ 付近で定常状態に至る挙動を、 $\alpha_\sigma=45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ は、ひずみ軟化した後 $p'=0$ 、 $q=0$ となり液状化に至る挙動を示している。

図-4(a),(b)は、豊浦砂の軸差応力 q -軸差ひずみ γ の関係を示したものである。(a)図は $D_r=90\%$ の結果、(b)図は $D_r=30\%$ の結果を示している。いずれの結果においても主応力方向角 α_σ の違いは、ひずみが急増し始める点での軸差応力やその後のひずみの生じ方に影響を与えていることがわかる。

図-5は、変相状態における過剰間隙水圧 u_{PT} 、および限界有効応力比に達した状態における過剰間隙水圧 u_{CSR} と主応力方向角 α_σ の関係をそれぞれの密度について示したものである。 u_{PT} は、 $D_r=90\%$ の試料

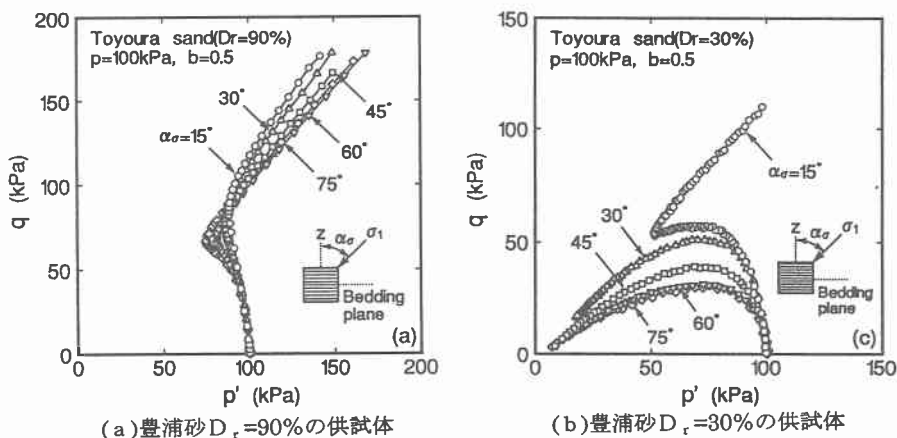


図-3 主応力方向固定非排水せん断試験の軸差応力と平均有効主応力関係

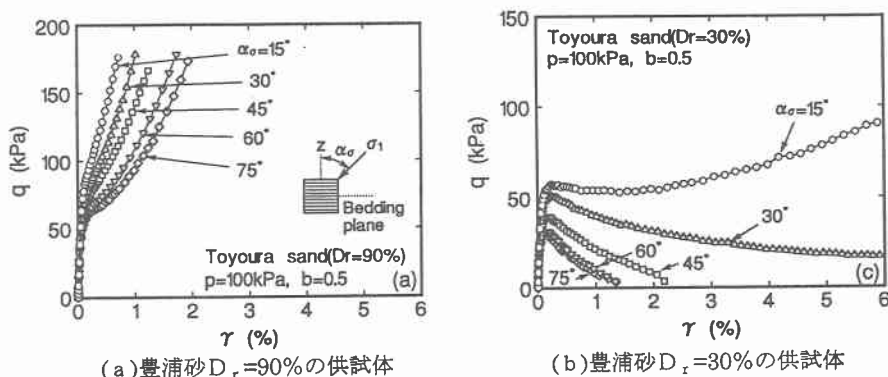


図-4 主応力方向固定非排水せん断試験の軸差応力と軸差ひずみ関係

において α_σ の増加と共に増加していることがわかる。一方、 u_{CSR} は $D_r=30\%$ の試料についてのみ現れ、 α_σ によらず $u=30\text{kPa}$ 付近ではほぼ一定値をとることがわかる。

4 まとめ

本報では、砂の主応力の方向を固定した条件下における非排水せん断挙動に与える密度の影響を把握するために、実験的な検討を行った。その結果、非排水せん断時の応力ひずみ挙動は、密度によって異なり、密な試料では主応力の方向によらず、ひずみ硬化挙動を示すことがわかった。一方、緩い試料は、主応力の方向に依存してひずみ軟化した後ひずみ硬化に転じる挙動あるいは、ひずみ軟化した後に定常状態または液状化に至る挙動を示すことが明らかとなった。また、せん断中の主応力方向角や密度の違いにより、変相状態および限界有効応力比に達したときの過剰間隙水圧が異なることを示した。

(参考文献)

- 1) 中田, 安福, 村田, 兵動, 永島: 主応力方向固定条件下における異方性砂の非排水・排水せん断挙動, 土木学会論文誌 3 月号掲載.
- 2) 吉村他, 第 31 回地盤工学研究発表会講演概要集

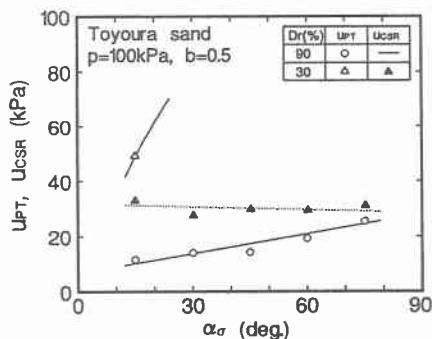


図-5 変相状態および限界有効応力比に達した時の過剰間隙水圧と主応力方向角の関係

変相状態および限界有効応力比に達したときの過剰間隙水圧が異なることを示した。