

Ⅲ - A21

密な砂の限界状態近傍での非排水せん断挙動と破壊モードの観察

建設省

正会員 淡中 泰雄

名古屋大学工学部 正会員 浅岡 顕 中野 正樹

1. はじめに

間隙比が 0.65 である密な砂供試体に対し、異なる 3 つの背圧のもと、非排水三軸圧縮断試験を実施した。その結果、十分に高い背圧を与えると、せん断の進行にともない発生する負の過剰水圧は、軸差応力とともに一定値に漸近し、それらの値は背圧の影響を受けなかった。このことから粘土と同様に、密な砂の非排水試験においても限界状態が存在することがわかった。また砂供試体の破壊形状は、供試体中央部を中心に、「ダイヤモンドパターン」を形成した。これは破壊が高次モードで起こったことを示している。

2. 十分に高い背圧の下での密な砂の限界状態

砂試料には豊浦砂を用い、間隙比 e を 0.65 でそろえた供試体を作製した。砂供試体は、直径 5.0cm、高さ 10.0cm の円柱形で、作製後の B 値は 97 以上である。十分な背圧を得るため、高拘束三軸圧縮試験機を用いて、側圧を $98\text{kPa}(1.0\text{kgf/cm}^2)$ として、軸ひずみ制御非排水せん断試験(変位制御 $0.2\%/min$)を行った。背圧には $1862\text{kPa}(19.0\text{kgf/cm}^2, \text{test3B})$ 、 $2842\text{kPa}(29.0\text{kgf/cm}^2, \text{test3C})$ 、 $3332\text{kPa}(34.0\text{kgf/cm}^2, \text{test3D})$ の 3 種類を設定した。図 1 に示すように、背圧を $1862\text{kPa}(19.0\text{kgf/cm}^2)$ と設定した test3B の場合には、負の過剰間隙水圧が $-1911\text{kPa}(-19.5\text{kgf/cm}^2)$ で頭打ちになり、それに伴い軸差応力も $6321\text{kPa}(65.0\text{kgf/cm}^2)$ 以上増加しなかった。初期背圧よりも発生する負圧の値が大きくなり、したがって供試体内の水圧が大気圧よりも低くなり、絶対圧力がゼロに近づいたため破壊に至った。一方、初期背圧が十分に大きい test3C、test3D の場合、過剰間隙水圧～軸ひずみ関係は同じ経路をたどり、両試験ともに負の過剰水圧が $-2205\text{kPa}(-22.5\text{kgf/cm}^2)$ に漸近していった。また軸差応力～軸ひずみ関係も同じ経路をたどり、破壊時の軸差応力も一定値 $6880\text{kPa}(70.0\text{kgf/cm}^2)$ に漸近した。試験後に砂粒子を観察したが、粒子破碎の形跡はなかった。本試験条件では、背圧を $-2205\text{kPa}(-22.5\text{kgf/cm}^2)$ 以上に設定すれば、非排水せん断試験において、密な砂の限界状態の存在を確認できることがわかった。

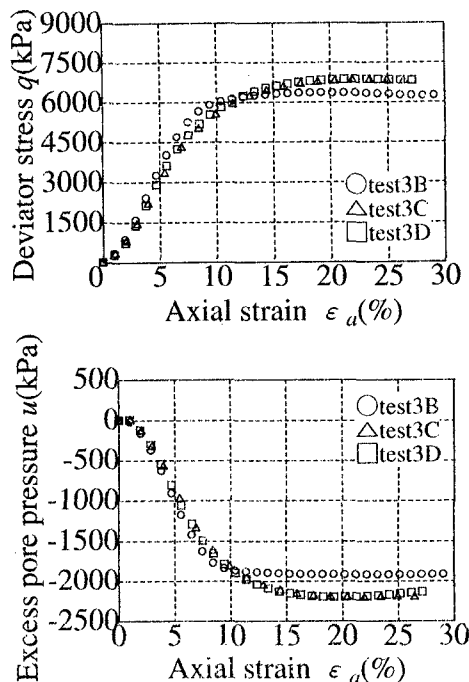


図1 軸差応力～間隙水圧～軸ひずみ

3. 変形・破壊モードの観察

図2にせん断開始から破壊に至るまでの供試体の変形形状の観察記録を示す。せん断とともに供試体中央部が膨れ始め、軸ひずみ 10%付近で側面に無数のしわが現れる。軸ひずみ 16%からしわよりも明瞭なせん断帯が現れ始める。せん断帯はほぼ等間隔に、その向きは左上から右下に、右上から左下に斜め方向である。密な砂、非排水せん断、三軸圧縮試験、破壊モード、限界状態

したがってこれらせん断帯でたくさんの菱形を形成する。軸ひずみ 20%付近以降せん断帯はさらに明瞭になり、試験終了の軸ひずみ 27.5%では、供試体中央部が菱形で埋め尽くされる。いわゆる「ダイヤモンドパターン」を形成した。本報告では詳細を示さないが、背圧が小さく、背圧の限界により破壊に至る密な砂の非排水せん断試験の場合は、供試体に現れるせん断帯は太く、菱形は大きくなっていた。本試験では、十分な背圧を与えたため、密な砂供試体は主経路により近い高次モードで限界状態に達し、破壊に至ったと考えている。

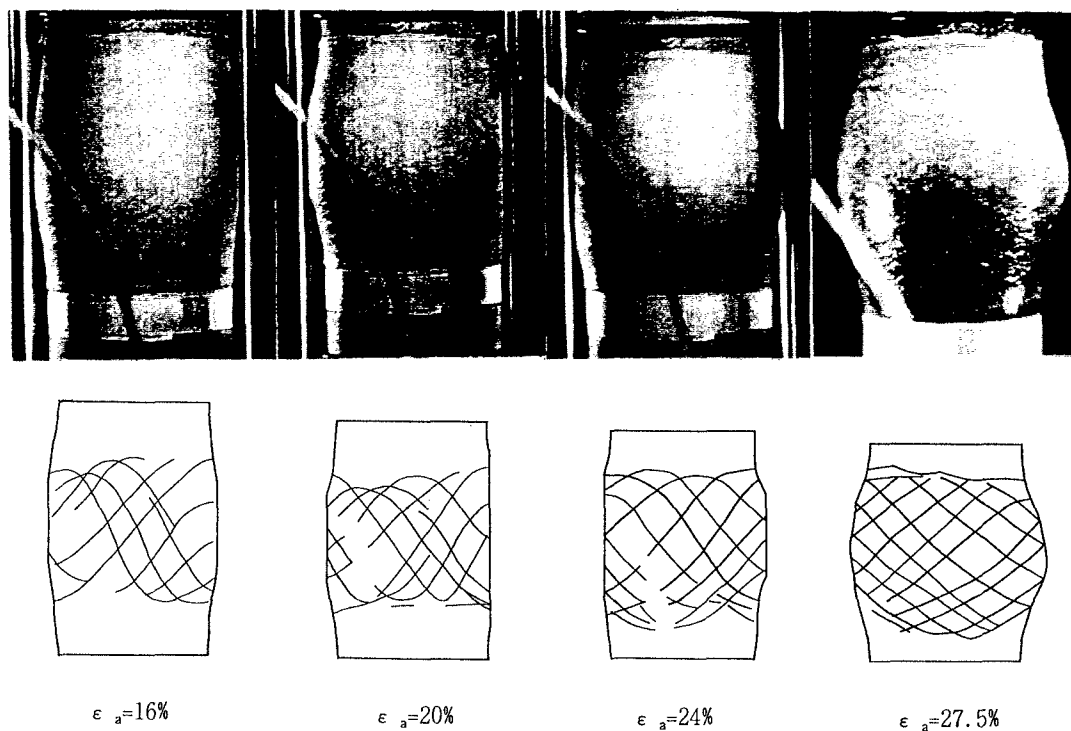


図2 砂供試体の変形の様子

4. おわりに

非排水単調載荷三軸試験において、密な砂の破壊に至るまでの挙動は超過圧密粘土の挙動と類似していることがわかった。超過圧密粘土を近似するモデルの一つに、橋口の提案した下負荷面の概念¹⁾を Cam-clay モデルに適用したモデル²⁾がある。それによれば、超過圧密粘土の限界状態は、下負荷面と正規降伏面が一致し、限界状態線に達した状態と定義される。この状態では超過圧密状態であった土はすでに正規圧密状態に戻っていて、過剰水圧や軸差応力の増加もなく、軸ひずみのみが進行する。本試験におけるせん断終期での挙動と一致し、このことは密な砂のせん断挙動も上記モデルにより説明できることを示唆している。

5. 参考文献

- 1) Hashiguchi, K. (1989): Subloading surface model in unconventional plasticity, International Jour. of Soils and Structures, Vol.25, pp.917-945.
- 2) Asaoka, A. et al. (1997) : Soil-water coupled behavior of heavily overconsolidated clay near/at critical state, Soils and Foundations, Vol.37, No.1, pp.13-39.