

III-A82 細粒分を含む砂の繰返しせん断時のダイレイタンスーと液状化特性

新潟大学工学部 正会員 保坂 吉則
応用地質株式会社 大向 直樹

1 はじめに

液状化挙動を間隙水圧上昇のメカニズムの観点から解析的に検討するとき、土が繰返しせん断に対してどのようなダイレイタンスー特性を有しているかを明らかにすることは重要であると考えられる。本研究では、細粒分の含有量が異なる砂を用いて、軸ひずみの発生量を制御した繰返し排水三軸試験を実施し、得られたダイレイタンスー特性と液状化特性との関係について、圧密特性を考慮に入れながら検討を行った。

2 試料と実験方法

実験に用いた試料は、加茂産の粘土と豊浦標準砂を混合して3種類作製した。細粒分含有率の高い試料から試料A、B、Cと呼び、その物理特性を表1に示す。各試料を空中落下法で所定の密度で再構成し、飽和後98kPaまで等方圧密を行ったものをNC供試体と呼び、過圧密比4の応力履歴を与えたものをOC供試体と呼ぶ。

表 1: 試料の粒度および物理特性

試料名	細粒分含有率 $FC(\%)$	粘土含有率 $CC(\%)$	土粒子密度 $\rho_s(g/cm^3)$	均等係数 U_c	圧縮指数 C_c	膨張指数 C_s
試料A	40.1	12.5	2.636	53.6	0.253	0.0219
試料B	17.3	10.0	2.637	17.5	0.127	0.0139
試料C	10.7	3.0	2.639	3.0	0.0953	0.0137

排水繰返し三軸試験は側圧一定、ひずみ速度0.1%/minで、図1(1)のように試料Aの液状化試験結果をモデルにして、軸ひずみのピーク値が徐々に増加し、繰返し回数10回で軸ひずみ両振幅がほぼ5%に達するように制御した。応力振幅一定の繰返し試験では体積ひずみが次第に収束してしまうが、この方法では図1(2)に示すように、軸ひずみに応じて徐々に増大していく体積ひずみ挙動を得ることができた。これと液状化時の間隙水圧の蓄積とを関連させて検討を行った。

3 実験結果と考察

3.1 各試料のダイレイタンスー特性

今回は側圧一定の三軸排水試験を行ったので、測定された体積ひずみ ϵ_v には平均有効主応力増分による圧密・膨張ひずみ成分が含まれている。そこで表1の除荷膨張指数 C_e を用いて簡易的に求めた圧密・膨張ひずみ増分を計測値から控除してダイレイタンスー成分を求めた。ただし、正規圧密試料において、各サイクルの最大平均有効主応力(=先行荷重)を超える部分では塑性的な圧密・圧縮が生じていると考えて、圧縮指数 C_c を適用して体積の補正を行った。以上によって求めた各試料のダイレイタンスー(以後これを単に体積ひずみ ϵ_{vd} と呼ぶ)が、繰返し载荷によって増加していく状況を図2に示す。

図から、過圧密試料の方が正規圧密試料より体積ひずみが小さいことがわかる。小ひずみ領域では体積ひずみの増加傾向が明らかに異なるが、大ひずみ領域で1サイクル毎の体積ひずみ増分は、正規圧密、過圧密ともに

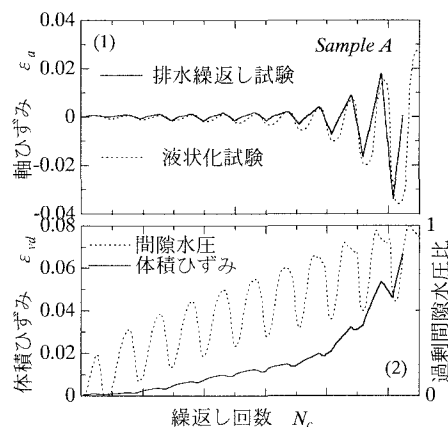


図1 排水繰返し载荷の制御パターン

keywords: 液状化, ダイレイタンスー, 繰返しせん断, 細粒分, 過圧密

連絡先 (〒950-2181 新潟市五十嵐2の町8050番地・Tel. 025(262)7032・Fax 025(262)7021)

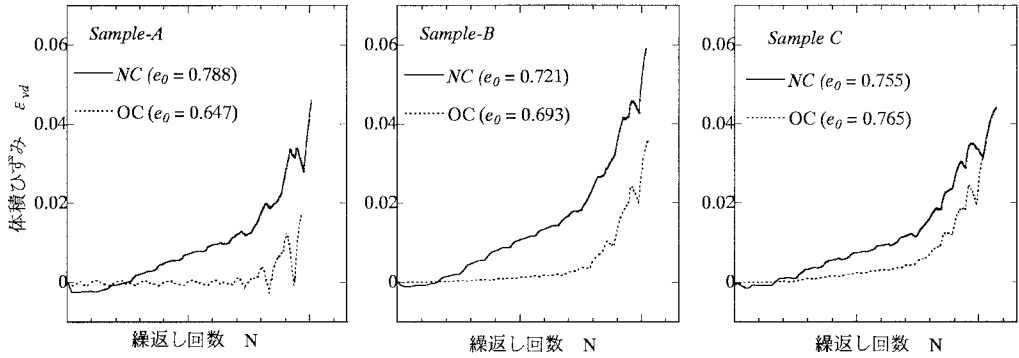


図2 繰返し排水試験結果（せん断による体積ひずみの進行特性）

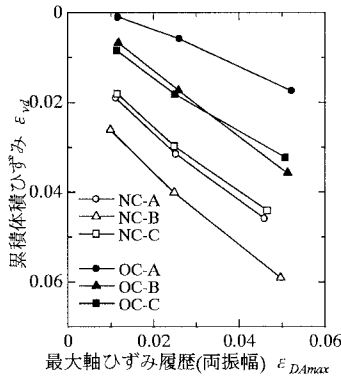


図3 軸ひずみ履歴に伴う体積ひずみの発生

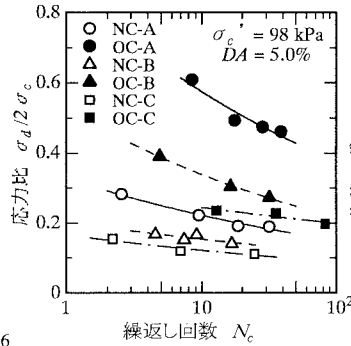


図4 液状化強度特性

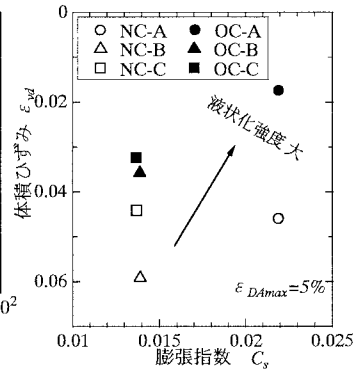


図5 体積ひずみ－除荷膨張特性と液状化強度の関係

あまり変わらない。過圧密と正規圧密の差は細粒分が多いほど大きかった。これは、過圧密履歴により、圧縮性の高い細粒分を多く含む試料ほど間隙比がより小さくなったことに起因していると考えられる。そのほかに細粒分の含有量による体積ひずみ発生量に違いは、特別な有意な関係は見いだせなかったが、全般的には、含有量が中位の試料 B が最も体積ひずみが大きかった。

大ひずみ領域において、各サイクル終了時に累積された体積ひずみと、与えた軸ひずみ両振幅の最大値との関係を図 3 に示す。体積ひずみの蓄積量が小さい方から $OCA < OCB \approx OCC < NCC \approx NCA < NCB$ となった。

3.2 液状化強度との比較

液状化試験の結果を図 4 に示す。液状化強度は体積ひずみ蓄積量と密接に関係すると考えられるが、図 3 の結果と比較すると、その大小関係はおおむね対応している。ただし試料 B と C の関係は逆転している。

間隙水圧の蓄積量はそのダイレイタンス量だけでなく、試料の除荷膨張特性と併せて解析的に求めることができる。ダイレイタンス量が等しい場合、圧縮性が高い試料ほど間隙水圧の蓄積量が小さくなるはずである。したがって図 5 のように、あるせん断ひずみレベルにおける体積ひずみの蓄積量と試料の除荷膨張特性との関係で示すと、右上にある点ほど液状化強度が高いということが言える。この図による評価は、一部試料 B と C の関係を除いてはほぼ妥当であると考えられる。

4 まとめ

軸ひずみが徐々に増加するように制御した排水繰返し三軸試験を実施し、細粒分を含む砂の体積ひずみを求め、液状化強度特性との関係を検討した。その結果、過圧密等の応力履歴を有する供試体ほど体積ひずみ、すなわちダイレイタンス量が小さいことがわかり、このことと細粒分含有率による圧縮・膨張性の相違が相互的に間隙水圧上昇特性に反映することによって、液状化強度との定性的な対応関係をうまく説明することができた。