

Ⅲ - A94

細粒分を含む砂の液状化時の有効応力変化とせん断ひずみの進行特性

新潟大学 工学部 正会員 保坂 吉則

1. はじめに

地震力など繰返し荷重により地盤の変形は徐々に拡大してゆくが、その進み方は外力の条件と地盤の性質によって異なり、発生する被害のレベルと密接に関係する。緩い砂地盤では破局的な被害を生ずるのに対して、密な砂は液状化強度そのものが高いために變形の進行が緩慢であり、耐震上優れたじん性を示すことが知られている。

埋立地盤などで用いられることが多い、細粒分を含む砂質土の變形進行の性質を把握することは、土構造物を建設・管理する上で強度評価とともに必要なことであると考えられる。

本研究では、三軸液状化試験の結果を用いて、繰返し過程における有効応力の低下と回復によるひずみの進行特性を検証することを試みた。

2. 実験方法

新潟県加茂産の粘性土と豊浦標準砂を混合し3種類の細粒分含有率の試料を作成した。細粒分含有量の多い順に試料A、試料B、試料Cと呼び、その物理特性を表1に示す。

空中落下法で直径50mm、高さ100mmの供試体を作成し、98kPaの等方拘束圧で正規圧密を行なったものと(NC)、過圧密比4の応力履歴を与えたもの(OC)それぞれについて、0.1Hzの正弦波で応力制御による通常の非排水三軸繰返しせん断試験を行なった。

表1 試料の物理特性

	試料A	試料B	試料C
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.63	2.64	2.69
細粒分含有率 (%)	46	26	11
粘土分含有率 (%)	16	9	3
均等係数 U_c	76	27	3
平均粒径 D_{50} (mm)	0.08	0.13	0.16

3. 液状化強度特性と變形の時刻歴

液状化試験の結果を図1に示す。強度は細粒分が多いほど、また、過圧密試料ほど高くなるのがわかる。最も強度の小さいC-NC試料と最大であるA-OC試料のひずみの時刻歴をそれぞれ図2、3に示す。C-NC試料は變形が進行し始めると破局的な破壊状態に至るのに対して、A-OC試料は徐々に變形が進行するサイクリックモビリティ状態に近い挙動を示した。

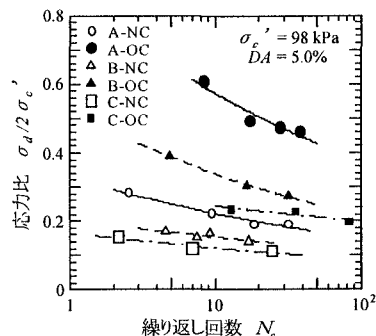


図1 液状化試験結果（強度特性）

4. 平均有効主応力の変化とひずみの進行特性

前述の結果を説明するため、過剰間隙水圧の挙動すなわち有効応力の変動と、ひずみの進行状況との関係についての検討、考察を行なった。図2、3中の太線で示した部分は、三軸試験の伸張過程に該当する。両試料において、各サイクル毎に軸荷重が正のピークから負のピークに至る過程で生じた軸ひずみ増分 $\Delta \epsilon_a$ と、平均有効主応力の増減 Δp の関係を各々抽出して描くと図4(C-NC)、図5(A-OC)となる。なお、

$$\Delta p = \frac{(\sigma_1 + 2\sigma_3)}{3} - u_w - p_0' \text{ である。}(p_0': \text{各サイクル初期の有効応力})$$

有効応力の挙動を一般的に見ると、载荷の方向が圧縮から伸張に反転した直後は有効応力が減少し、軸差応力がゼロ付近でひずみが急速に進行する。大きなひずみ領域に移行すると有効応力がひずみ増分に対して直線的に回復し、ひずみの進行を有限の状態にとどめておこうとする傾向が見られる。この直線の傾きを比較したところ、ひずみの進行が緩やかなA-OC試料の方が非常に大きな傾きを持っていることと、両試料とも繰返し载荷でひずみが蓄積するにしたがって傾きが漸次小さくなっていくことの2つの点に着目した。

keywords: 液状化, 變形, 有効応力, 細粒分, 砂質土

〒950-21 新潟市五十嵐2の町 8050 番地 TEL: 025(262)7032 FAX: 025(262)7021

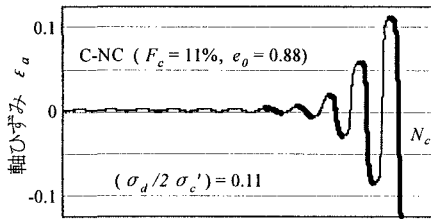


図2 細粒分含有率の小さい正規圧密試料の繰返しひずみ時刻歴

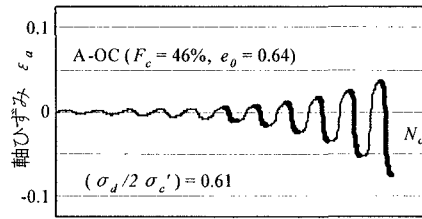


図3 細粒分含有率の大きい過圧密試料の繰返しひずみ時刻歴

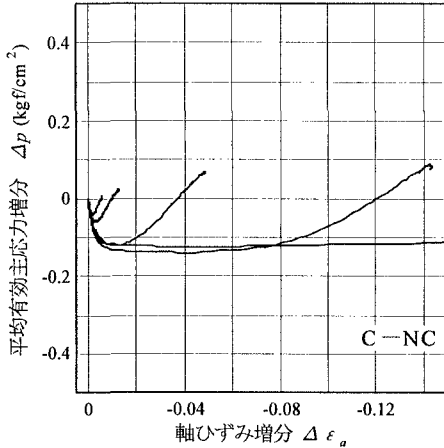


図4 各サイクル毎の伸張過程の軸ひずみ増分と平均有効主応力の変化 (細粒分少)

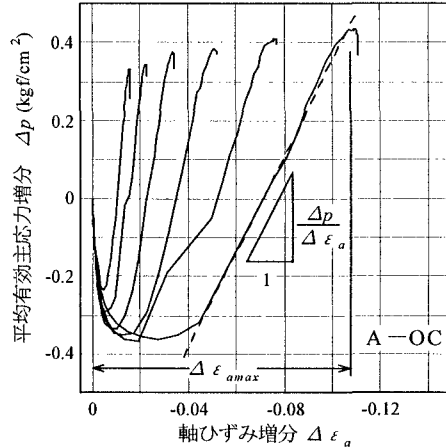


図5 各サイクル毎の伸張過程の軸ひずみ増分と平均有効主応力の変化 (細粒分多)

図5で示すように各サイクル毎に、発生した最大ひずみ増分 $\Delta \varepsilon_{max}$ と有効応力回復過程の直線の傾きとの関係を、図1で示す6種類の供試体すべてについてプロットした結果が図6である。細粒分が多い試料ほど値が高くなっており、また過圧密履歴のある試料の方が正規圧密試料より大きく、強度特性ともほぼ対応している結果となった。

有効応力の増減はダイレイタンスー特性の反映であり、その回復は正のダイレイタンスーと関連が深いという指摘がある。したがって傾き ($\Delta p / \Delta \varepsilon_a$) はダイレイタンスー角 ν_d に対応したパラメータと考えられるが、これは一定値ではなく繰返し変形に応じて双曲線関数的に減少する性質を持っていることに注目したい。このことは、過圧密履歴で形成されていた土粒子間の噛み合わせなどの骨格構造が、ひずみの進行に伴って徐々に崩されていったためであると考えられる。

5. まとめ

液状化時の大ひずみ領域におけるひずみの進行と有効応力の回復特性との関係を調べたところ、過圧密等の応力履歴効果を有し、細粒分含有量が多く、強度が高い試料ほど繰返しひずみが進行する時の有効応力の回復が大きく、破局的なひずみの進行が抑制されることがわかった。また、有効応力の回復特性は繰返しによるひずみの蓄積が大きくなるにしたがって低下していきことがわかった。

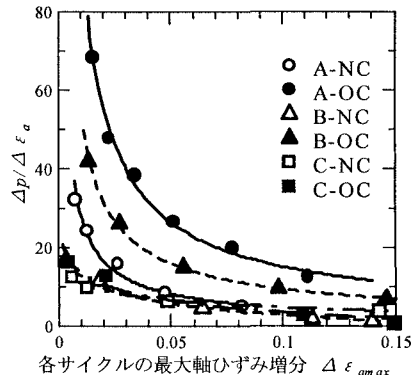


図6 ひずみの蓄積と有効主応力の回復特性