

過圧密履歴を受けた細粒土の液状化直後の変形係数

飛島建設 正会員 ○渡辺 俊介
飛島建設 正会員 沼田 淳紀
中央大学 正会員 石原 研而

1. はじめに

土の液状化抵抗は、過圧密履歴を受けることで、過圧密比OCRの n 乗に比例して増加することが既往の研究により明らかにされている¹⁾。筆者らは既に、過圧密履歴を受けた緩い細粒な土の液状化特性について検討し、細粒な土ほど、過圧密履歴により液状化に対する靱性が増加することを示した²⁾。このことから、細粒な土ほど過圧密履歴により、液状化直後の地盤の流動に対する抵抗性の増加を期待できる可能性がある。そこで、ここでは過圧密履歴を受けた細粒な土の液状化直後の変形係数について検討した。

2. 実験概要

実験に用いた試料は利根川砂、北海道T砂、函館シルトである。各試料の粒度組成を図-1に示す。試料はいずれも非塑性で、均等粒径、粘土分含有率が10%以下であるが、細粒分含有率が大きく異なり、互いにほぼ相似粒度である。

図-2は、本試験の流れを $e-\log p'$ 関係図上で示したもので、例として過圧密比OCR=3.0を示した。

供試体は空中落下法で作製し、目標相対密度 D_{max} は、49kPaの初期等方圧密後で60%である。なお、最小間隙比は、最小法³⁾により求めた。供試体は、CO₂の通気、または二重負圧法⁴⁾により飽和させた。

過圧密比OCRは、1.0、2.0、3.0とした。過圧密履歴は、初期拘束圧 $\sigma_0 = 49\text{kPa}$ で圧密後、所定の過圧密比OCRに応じて所定の拘束圧 σ_c で圧密し、その後、初期の σ_0 まで除荷した。圧密時間は、3t法⁵⁾により一次圧密終了時間を求め、少なくともその時間以上は圧密した。また、除荷時間は圧密時間と同じ時間とした。

繰返し非排水三軸試験は、手動により変位制御で載荷し、軸荷重が所定の振幅になった時点で載荷方向を反転させた。また、最大片振幅軸ひずみ $\varepsilon_{\text{aliq}}=2.5\%$ となった時点で繰返し載荷を止めた。

静的非排水単調載荷試験は、繰返し非排水三軸試験後、非排水状態のまま供試体に作用する軸差応力をゼロに戻してから、載荷速度1%/minの変位制御で載荷を行った。

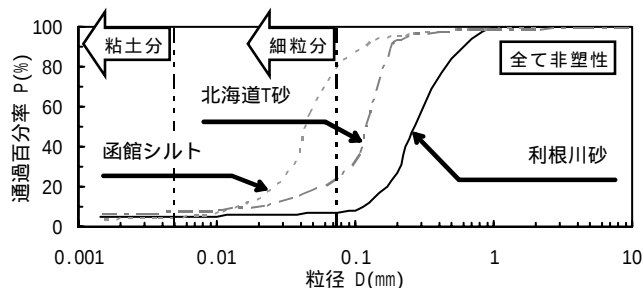


図-1 各試料の粒度組成

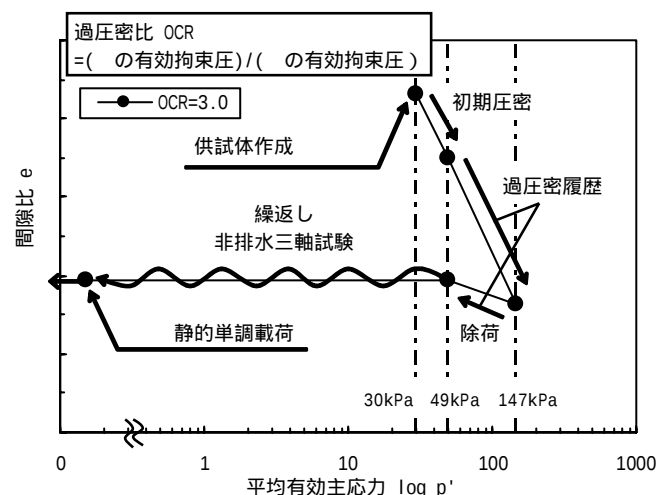
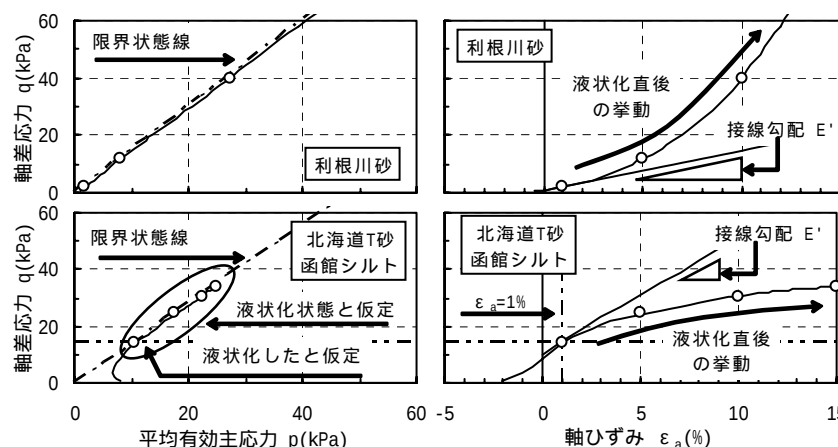
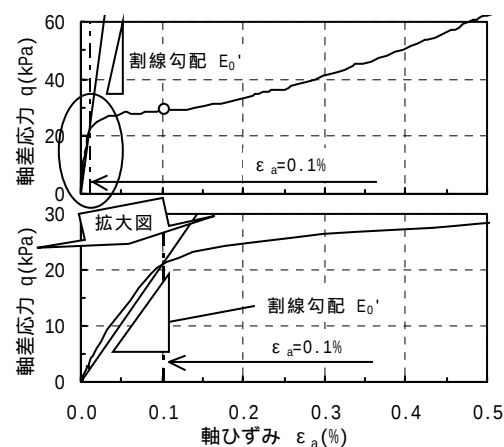
図-2 一連の試験における $e-\log p$ 関係図

図-3 液状化時の変形係数 E の定義

図-4 初期変形係数 E_0 の定義

キーワード：液状化，過圧密，細粒分

連絡先：飛島建設株式会社 技術研究所 地盤研究室 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 TEL 04-7198-7553

3. 実験結果と考察

図-3は、繰返し非排水三軸試験後の静的単調載荷試験における有効応力経路、応力ひずみ関係図である。利根川砂は、静的載荷開始時から限界状態線に沿って有効応力は回復する。北海道T砂、函館シルトでは、静的載荷開始後、一度有効応力は減少した後、軸ひずみ $\varepsilon_a=1\%$ に至る付近から限界状態線に沿って有効応力は回復する傾向があった。これは、繰返し非排水三軸試験を軸ひずみ $\varepsilon_{\text{aliq}}=2.5\%$ で終了しているため、繰返し非排水三軸試験終了時に有効応力がゼロになっていないことが原因である。そこで、限界状態線上に至った時点の接線勾配を、液状化直後の変形係数 E' と定義した。また、図-4に示すように、処女状態でOCR=1.0の静的単調載荷試験の応力ひずみ関係から、 $\varepsilon_a=0.1\%$ 時の割線勾配を初期変形係数 E'_0 と定義した。

図-5に、各試料について、過圧密比OCRと液状化に伴う変形係数の低下率 E'/E'_0 の関係を示す。どの試料についても、OCRが大きいくほど、 E'/E'_0 は大きく、液状化に伴う変形係数の低下は少ない。

液状化に伴う変形係数の低下を、各試料について比較するため、図-6に、50%粒径 D_{50} と E'/E'_0 の関係を示す。安田ら⁶⁾は、細粒分含有率が小さいほど、液状化時のせん断剛性の低下は著しいことを示した。本研究においても、 D_{50} が大きい土ほど、 E'/E'_0 は小さく、安田らと同様な結果が得られた。したがって、細粒な土ほど、液状化による変形係数の低下は少ないといえる。

次に、各試料について過圧密履歴による影響を比較するため、図-7に、 D_{50} と過圧密履歴による変形係数増加率 $E'_{(OC)}/E'_{(NC)}$ の関係を示す。ここに、過圧密履歴による変形係数増加率 $E'_{(OC)}/E'_{(NC)}$ は、正規圧密状態（OCR=1.0）における液状化時の変形係数 $E'_{(NC)}$ と、過圧密履歴を受けたOCR=2.0, 3.0における液状化時の変形係数 $E'_{(OC)}$ から、以下の式で定義した。

$$E'_{(OC)}/E'_{(NC)} = \frac{E'_{(OC)}}{E'_{(NC)}}$$

図-7から、 D_{50} の小さい細粒な土ほど $E'_{(OC)}/E'_{(NC)}$ は大きく、細粒な土ほど、過圧密履歴による液状化に伴う変形係数の増加は大きい傾向がある。このように、各試料で $E'_{(OC)}/E'_{(NC)}$ の違いが出てくる原因として、過圧密履歴によるダイレイタンスー特性の変化や、相対密度の増加などの違いが挙げられる。一般に、過圧密履歴によって液状化抵抗が増加する¹⁾。この理由として、過圧密履歴によるダイレイタンスー特性の変化や相対密度の増加が考えられる。本試験では、繰返し非排水三軸試験後、非排水条件のまま、静的単調載荷試験を行った。そのため、過圧密履歴によるダイレイタンスー特性の変化や相対密度の増加の効果が、繰返し非排水三軸試験後の静的単調載荷試験時にも影響を及ぼしたと考えられる。

4. まとめ

- (1) 液状化直後の変形係数は、大きな過圧密履歴を受けるほど、その低下率を抑制することが出来る。
- (2) 細粒な土ほど、液状化に伴う変形係数の低下は少なく、また、過圧密履歴による変形係数の低下は少ない。

《参考文献》

- 1) Ishihara, K. and Takatu, H.: Effect of over-consolidation and K_0 conditions on the liquefaction characteristics of sands, *Soils and Foundations*, Vol.19, No.4, pp.59-68, 1979.
- 2) 渡辺 俊介, 沼田 淳紀, 染谷 昇, 國生 剛治: 細粒な土における靱性に与える過圧密履歴の影響, 土木学会第58回年次学術講演会, 第3部門, pp.1251-1252, 2003.
- 3) 沼田 淳紀, 染谷 昇, 田維 満孝, 國生 剛治: 細粒な土に対する最小間隙比定義方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp.665-670, 2002.
- 4) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), pp.460-462, 2000.
- 5) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), pp.567, 2000.
- 6) 安田 進, Erken, A., 寺内 哲也, 森本 弘光: 種々の土における液状化後の強度・変形特性, 第33回地盤工学研究発表会, pp.761-762, 1998.

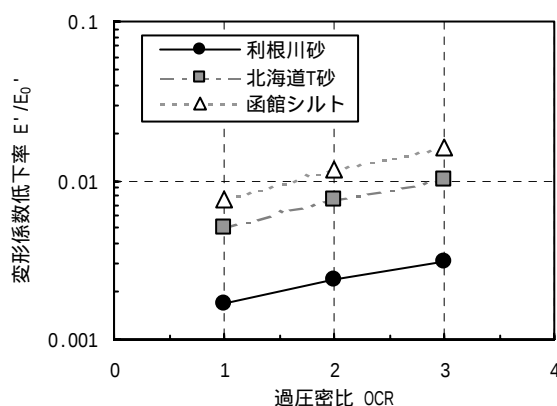


図-5 過圧密比と液状化に伴う変形係数低下率の関係

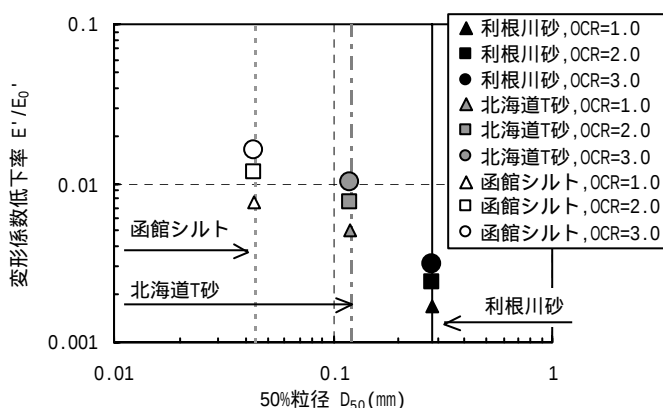


図-6 50%粒径と液状化に伴う変形係数低下率の関係

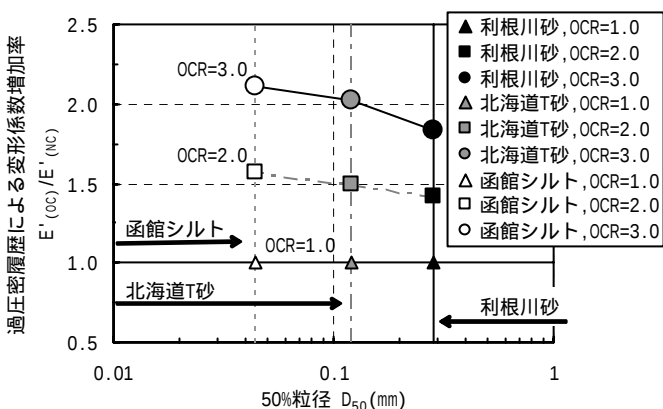


図-7 50%粒径と過圧密履歴による変形係数増加率の関係