

過圧密履歴を受けた細粒な土の液状化時の応力変形特性

中央大学 学生会員 渡辺 俊介 飛鳥建設 正会員 沼田 淳紀
 飛鳥建設 非会員 染谷 昇 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^{例えば¹⁾}。筆者らは、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^{2), 3)}、細粒な土ほど、過圧密履歴を受けることで靱性が高くなる可能性があることを示した³⁾。このようなことから、液状化時の地盤の流動化に対して、細粒な土は過圧密の効果が期待できる可能性がある。そこで、本研究では、過圧密履歴を受けた細粒な土の、液状化前、液状化時の2つの状態について静的非排水単調載荷試験を行い、応力変形特性の比較・検討を行った。

2. 実験概要

用いた試料は、図-1に示す砂からシルトの3試料である。

図-2に、試験フローを示す。試験は、過圧密履歴を与えた後、非排水静的単調載荷試験を行う Case(a)、液状化試験後、非排水条件のまま静的単調載荷を行う Case(b)とした。液状化試験は繰返し載荷周波数 0.1Hz の正弦波で、両振幅ひずみ DA が 5~15%程度になった時点で終了とした。静的単調載荷はひずみ制御で行い、載荷速度は 1%/min とした。

実験で用いた供試体は、空中落下法で作成し、目標相対密度 D_{rmm} は、49kPa の等方圧密後で 60~65%程度である。相対密度を求める際の最小間隙比は、最小法⁴⁾により求めた。なお、供試体作成方法の詳細は文献2)に詳しい。

3. 実験結果の比較

図-3に、各ケースの試験結果の代表例として、北海道 T 砂の有効応力経路、及び軸ひずみ - 軸差応力関係を示す。図中の点は、軸ひずみ a が 1%, 5%, 10%の時を示す。

いずれの試料においても、液状化前の Case(a)では、過圧密比 OCR が小さいほど、同じ軸差応力に対して発生するひずみが多い。また、ひずみの小さい領域で、大きな過剰間隙水圧が発生し、収縮傾向にあり、過圧密履歴の影響が明瞭に現れている。

液状化後の Case(b)の場合、有効応力に差は認められないが、軸差応力 - 軸ひずみ関係では、OCR=3.0の方が軸差応力が大きく液状化後も OCR の影響でせん断強さが大きくなることわかる。

せん断強さを比較するため、ここでは、軸ひずみ $a=5\%$ における軸差応力について検討する。図-4に、各試料、各ケースにおける過圧密比 OCR と、軸ひずみ $a=5\%$ 時の軸差応力 $q_{a=5\%}$ の関係を示す。

いずれの試料においても、液状化前の Case(a)では、OCR が大きいほど $q_{a=5\%}$ は大きく、過圧密履歴

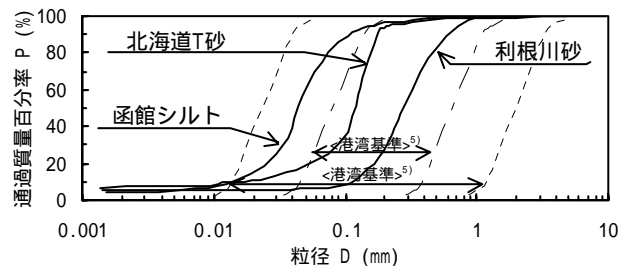


図-1 各試料の粒度組成

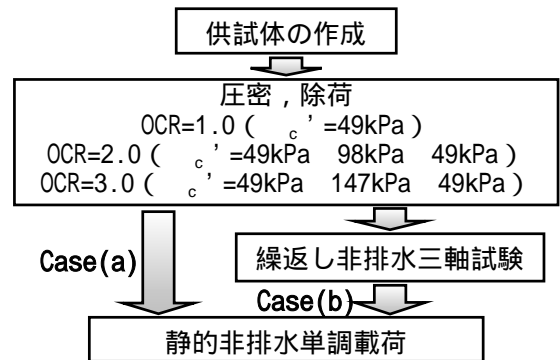


図-2 試験フロー

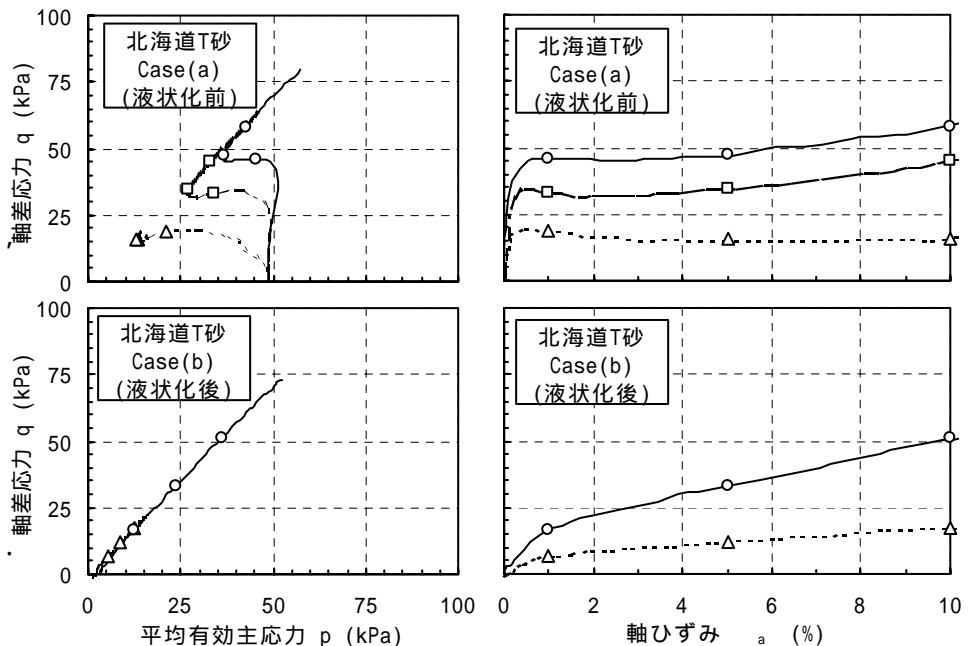


図-3 有効応力経路、軸ひずみ - 軸差応力関係（北海道 T 砂）

キーワード：液状化，過圧密，静的，三軸試験，応力 - ひずみ関係，細粒分

連絡先：中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1799

歴の影響が明瞭に現れている。また、北海道 T 砂、函館シルトは互いにほぼ同様な $q_{a=5\%}$ を示すが、利根川砂に比べてその値は小さい。

液状化後の Case(b)は、いずれの試料でも、Case(a)と比べて全体的に $q_{a=5\%}$ は小さい。また、全体的に $q_{a=5\%}$ は 30kPa 程度かそれ以下であり、試料による違いは少ない。

過圧密履歴と、液状化履歴の影響を見るために、図 - 5 に、50%粒径 D_{50} と $q_{a=5\%}$ の増加率 $R_{(OC/NC)}$ の関係を示す。ここに、 $R_{(OC/NC)}$ は $(q_{a=5\%}) / (\text{液状化前の OCR}=1.0 \text{ 時の } q_{a=5\%})$ で求めたものである。

各試料とも、液状化前の Case(a)では、過圧密履歴による強度増加が明瞭である。

液状化後の Case(b)の利根川砂の場合、液状化前の Case(a)と比べると OCR=3.0 で低下量が大きい。OCR=1.0, 2.0 は半分程度で同程度である。したがって、OCR に関わらず、液状化後では同程度になる可能性がある。

北海道 T 砂は、OCR=1.0 の液状化前後で、若干の $q_{a=5\%}$ の低下があるが、ほとんどその値は変わらない。また、液状化履歴後の Case(b)の OCR=3.0 で、液状化前の Case(a)よりも $q_{a=5\%}$ が大きい。すなわち、液状化することでその絶対値は低下するものの、過圧密履歴の効果の低下は少ない。

函館シルトでは、液状化履歴後の OCR=1.0 で大きな強度低下があるが、傾向としては、北海道 T 砂と同様の傾向がある。すなわち、液状化することでその絶対値は低下するものの、過圧密履歴の効果の低下は少ないと考えられる。

以上より、50%粒径 D_{50} の小さい細粒な土ほど、液状化後にも過圧密履歴の効果により、せん断強度増加を期待できる可能性がある。ただし、これらは最大ひずみ履歴などの影響を受けると言われている(例えば 6)。この影響によっても考えられる。これらについては、今後の課題である。

4. まとめ

過圧密履歴を受けた細粒な土について、液状化前、液状化時の状態について静的非排水単調載荷を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 軸ひずみ $a=5\%$ 時の軸差応力 $q_{a=5\%}$ を比較すると、液状化前では、過圧密履歴の影響が明瞭に現れており、過圧密比 OCR が大きいほど $q_{a=5\%}$ は大きい。液状化履歴後では、液状化前と比べて全体的に $q_{a=5\%}$ は小さく、全体的に $q_{a=5\%}$ は 30kPa 程度以下であり、試料による違いは少ない。
- 2) 50%粒径 D_{50} と $q_{a=5\%}$ の増加率 $R_{(OC/NC)}$ の関係をみると、概ね D_{50} の小さい細粒な土では、液状化履歴後にも過圧密履歴により、強度が増加傾向にある。

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: 過圧密履歴を受けた細粒な土の液状化特性, 第 38 回地盤工学研究発表会, pp.1993-1994, 2003.
- 3) 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.
- 4) 沼田 淳紀, 染谷 昇, 田雑 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.
- 5) 日本港湾協会: 第 13 章 地盤の液状化, 港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻), pp.281-288, 1999.
- 6) Ishihara, K. and Yoshimine, M.: Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Earthquakes, *Soils and Foundations*, Vol.32, No.1, pp.173-188, 1992.

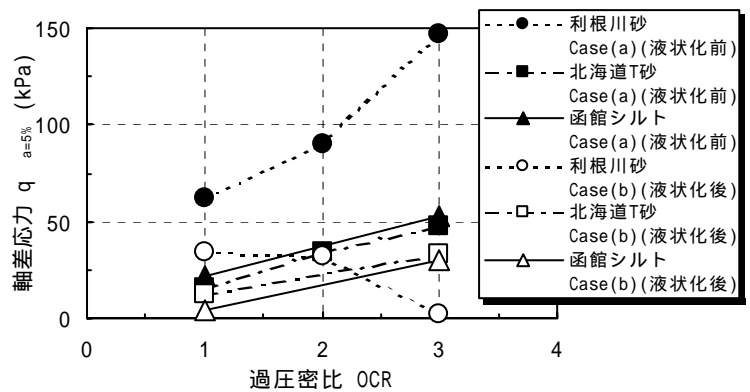


図 - 4 過圧密比 OCR と静的単調載荷時の軸ひずみ $a=5\%$ 時の軸差応力 $q_{a=5\%}$ の関係

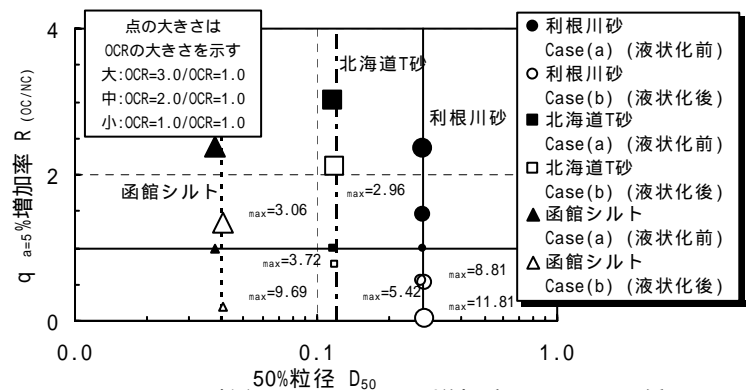


図 - 5 50%粒径 D_{50} と $q_{a=5\%}$ の増加率 $R_{(OC/NC)}$ の関係