

試料の乱れが液状化時のひずみの進展に与える影響

応用地質(株)	正会員	○植村	一瑛
広島大学大学院	正会員	一井	康二
応用地質(株)	正会員	三上	武子

1. はじめに

液状化試験の結果は試料の品質（乱れの程度）により大きく変化することが報告されている¹⁾。細粒分の少ない地盤に対して品質の良い不攪乱試料を得るためには凍結サンプリングが良いとされている。しかし、凍結サンプリングは非常に高価であるため、一部の大きなプロジェクトでしか実施できず、一般的には、試料の品質は落ちるが安価なチューブサンプリングが行われている。

そこで本研究では、液状化試験時のひずみの進展に着目して試料の乱れが液状化試験結果にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とし、中空ねじりせん断試験機を用いた要素試験を実施した。

2. 試験方法

本研究では試料に豊浦砂を用い、外径 7cm, 内径 3cm, 高さ 10cm の供試体を相対密度 $D_r=30\%$, 50% , 80% となるように作製した。なお、 $D_r=30\%$ の供試体については $F_c=0, 10, 20\%$ の 3 ケースでも実験を行った。このとき、細粒分には DL クレー（非塑性）を用いた。供試体作製法は細粒分を含まない試料では水中落下法とし、細粒分を含む試料では静的締固め法とした。供試体を試験機にセットした後、供試体を飽和化させ、有効拘束圧 $\sigma'_c=98\text{kPa}$ で等方圧密を行った。そして、サンプリング時の乱れを模擬したひずみ履歴や応力履歴を付与した後、液状化試験を実施した。液状化は「両振幅せん断ひずみ γ_{DA} が 7.5% を初めて越えた時点」と定義した。

3. 乱れの付与

本研究ではサンプリングから室内試験までの過程で最も大きな乱れを受けていると考えられるサンプリング時の乱れを模擬し、以下の 4 種類の乱れを供試体に付与した。

- (1) 軸圧縮ひずみ履歴 ($\epsilon_a = 0.3, 0.7, 1, 3, 5\%$)
- (2) 軸圧縮ひずみおよび軸引張りひずみ履歴 ($\epsilon_a = 1 \rightarrow -1\%$)
- (3) せん断ひずみ履歴 ($\gamma = 1.2\%$)
- (4) サンプリングを模擬した応力履歴

4. 液状化時のひずみの進展のモデル

Mikami et al.²⁾ は、繰返し三軸試験機による液状化試験のひずみの進展についてモデル化を行った。図 1 に提案モデルの概要を示す。

提案モデルでは、両振幅軸ひずみ DA —繰返し回数 $\log N_c$ 関係をバイリニアでモデル化し、前半部分の直線の傾き A と後半部分の直線の傾き B 、そして両者の交点に対応する両振幅軸ひずみ DA_{is} (交点ひずみ) と繰返し回数 N_{is} (交点回数) の 4 つのパラメータを用いて表現している。ここで、 A は液状化する前のひずみの発達、 B は液状化した後のひずみの発達を表している。また、 DA_{is} は A から B に移行するひずみ、すなわち土粒子のかみ合わせがはずれ始めるひずみに相当すると考えられる。

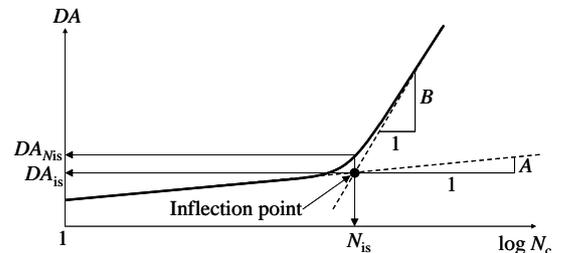


図 1 提案モデルの概要

5. 試験結果

図 2 に相対密度および細粒分含有率がひずみの進展に与える影響を示す。相対密度が大きい場合は相対密度が小さい場合に比べてパラメータ A が大きく、パラメータ B が小さくなる。これは、相対密度が大きい場合はサイクリックモビリティの効果によってひずみがゆっくりと蓄積していくことを表していると考えられる。また、細粒分含有率が大きい場合は細粒分を含まない場合に比べ、パラメータ A, B 共に大きくなった。

キーワード 液状化, 乱れ, 中空ねじりせん断試験

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科

図3に乱れが液状化強度曲線およびひずみの進展パラメータ A, B に及ぼす影響 ($D_r=30\%, F_c=0\%$ のケース) を示す。図には、乱れを付与していない場合の液状化強度曲線、ひずみの進展パラメータ A, B と液状化に至るまでの繰返し回数 N_L の関係を実線で示している。液状化強度曲線は乱れを付与したことにより液状化に至るまでの繰返し回数 N_L が変化しており、液状化強度が変化していることが分かる。

パラメータ A, B については多少ばらつきがあるものの、

乱れを付与した場合の $A-N_L$ 関係および $B-N_L$ 関係は乱れ付与なしの場合とほぼ一致している。これらの傾向は相対密度や細粒分含有率が変化しても同様であった。このことから、液状化時のひずみの進展は乱れによる影響を受けず、繰返し回数や相対密度、細粒分含有率の影響のみを受けることが分かる。

6. まとめ

本研究では、サンプリング時の乱れに着目して、中空ねじり試験機によって乱れを模擬した応力履歴やひずみ履歴を供試体に付与した後、液状化試験を行うことによって乱れが液状化試験に与える影響を求めた。その結果、乱れは液状化強度に大きく影響を及ぼし、パラメータ A, B を用いて評価する場合、液状化時のひずみの進展は乱れの影響を受けず、液状化までの繰返し回数、相対密度、細粒分含有率に依存することが分かった。

今後の課題としては、セメンテーション構造を有するような砂に対しても今回と同様の乱れ付与実験を行い、不攪乱試料における乱れの影響を調べていく必要がある。

参考文献

- (社)全国地質調査業協会連合会: 全地連「技術フォーラム'98」講演集 別冊 全地連報告第1部「地盤の液状化に関する土木研究所との共同研究」, 1998.
- Mikami, T. et al. : Modeling of strain increase of liquefied soils in cyclic shear loading considering material characteristics, *Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering* (IS-Tokyo 2009), pp.1395-1401, 2009.

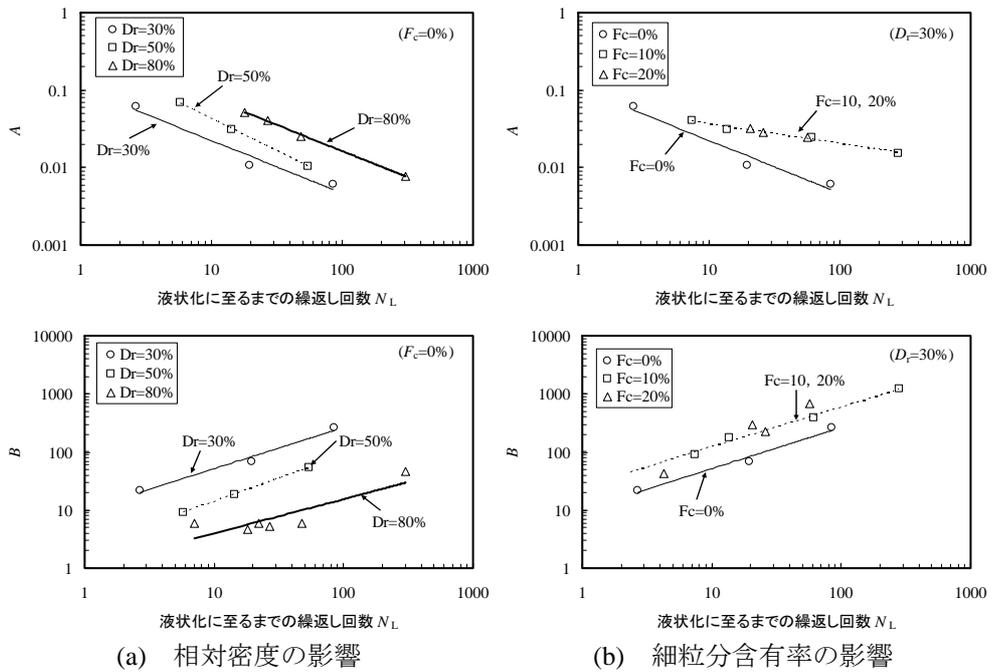


図2 パラメータ A, B と液状化に至るまでの繰返し回数の関係

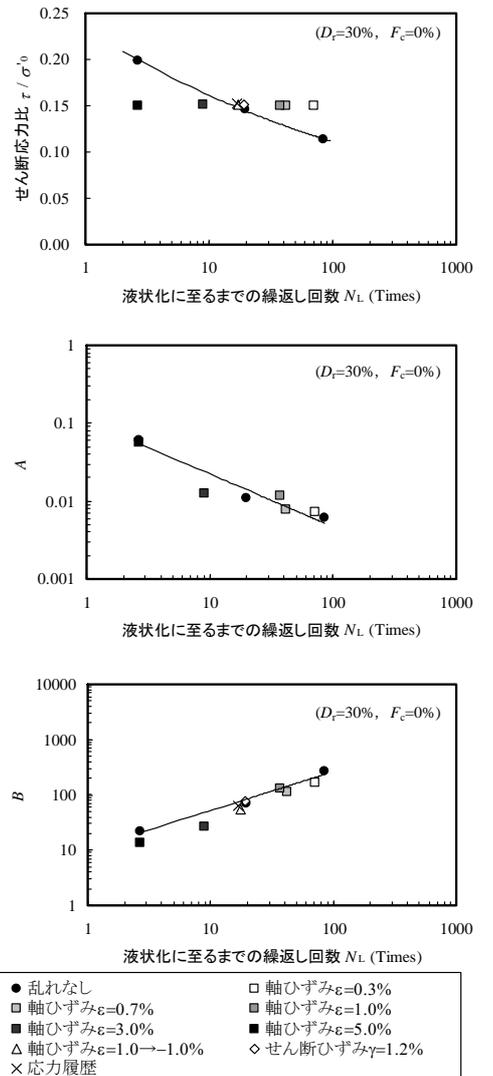


図3 乱れが液状化強度曲線とパラメータ A, B に与える影響