

B-51

中空ねじりせん断試験と繰返し三軸試験における液状化特性の評価に関する研究

— 軸ひずみを用いた試験方法の相違に関する検討 —

Study on Liquefaction Characteristic of Hollow Cylindrical Torsional Test and Cyclic Triaxial Test

— Consideration of the different test methods by using axial strain —

○所義登¹, 山田雅一², 安達俊夫²

Yoshito Tokoro¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi²

Abstract: The objective of this study is evaluating the difference of liquefaction characteristics of the cyclic triaxial test and hollow cylindrical torsional test. In this paper, the relation between liquefaction resistance and number of loading cycles are investigated by cyclic triaxial test and hollow cylindrical torsional test. Furthermore, this paper describes the results of consideration of axial strain ratio-2%.

1. はじめに

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、東京湾東部沿岸の非塑性細粒分を含む埋立地盤において液状化被害が拡大した¹⁾。また既往の文献²⁾で非塑性細粒分を含んだ砂と含まない砂では、液状化強度に大きな差異が生じるという報告がなされている。

一方で現行の簡易液状化判定法では繰返し三軸試験によるデータを採用しているが、繰返し三軸試験は地震時の挙動とは異なる軸対称条件下で载荷を行う試験である。もう一つの代表的な液状化試験として中空ねじりせん断試験があり、繰返し三軸試験と比べ地震時の地盤内の応力変形条件の再現性に優れていると言われている。既往の文献³⁾では、繰返し三軸試験と中空ねじりせん断試験による液状化特性についてそれぞれ検討されているが、非塑性細粒分を含んだ砂を用いての試験法の相違による検討は行われていない。そこで本研究では試料に非塑性細粒分を含ませた砂に対して、中空ねじりせん断試験と繰返し三軸試験で行い、試験方法の違いによる液状化特性を検討する。

2. 試験概要

2. 1. 試験試料

本研究に用いた試料は豊浦砂と新潟砂であり、細粒分は非塑性シルトである DL クレイ($\rho = 2.659\text{g/cm}^3$)を用いた。表 1 に試料の物理的性質を示し、粒径加積曲線を図 1 に示す。繰返し三軸試験の供試体は中実円筒供試体(直径 5cm, 高さ 10cm)を JGS 0520 に準拠して細粒分を含まない砂においては空中落下法、細粒分を含んだ砂においてはドライタンピング法により作製した。中空ねじりせん断試験では中空円筒供試体(外径 10cm, 内径 6cm, 高さ 10cm)を JGS 0550 に準拠して繰返し三軸試験同様に作製した。両試料共に相対密度は 40%として、細粒分含有率は Fc=0%, 5%, 10%, 20%とした。

また本研究では粗粒土のみで間隙比を算出している。

Table.1 Physical Properties of samples

試料	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	最大間隙比 e_{\max}	最小間隙比 e_{\min}
豊浦砂	2.631	0.98	0.61
新潟砂	2.692	1.07	0.65

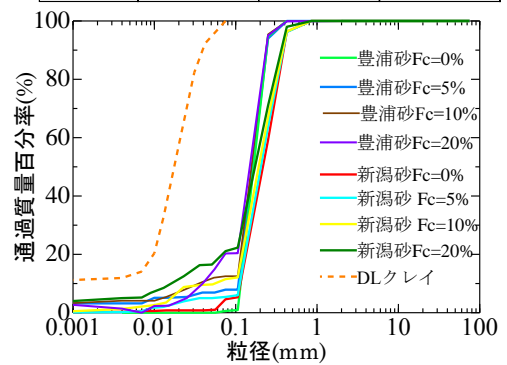


Fig.1 Grain size distribution of soils samples

2. 2. 試験方法

供試体作製後、CO₂ 及び脱気水を通し飽和させ、背圧を 100kN/m² 与え、間隙圧係数 B 値が 0.96 以上であることを確認した。有効拘束圧 49kN/m² で等方応力を载荷し、排水量がほぼ一定値に収束するまで圧密した。繰返し三軸試験は载荷周波数 1Hz の一定応力振幅による非排水繰返し载荷を、両振幅軸ひずみ 5%に達するまで行った。中空ねじりせん断試験においては一定応力振幅による応力制御で、せん断ひずみが両振幅 15%に達するまで非排水繰返し载荷を行った。

3. 試験結果

図 2 に中空ねじりせん断試験と繰返し三軸試験の試験結果から得られた液状化強度曲線を示す。同図より両試験結果を比べると、豊浦砂の場合 Fc=0%の液状化強度は変わらず、Fc=5%, 10%では中空ねじりせん断試験の液状化強度が高くなるが、Fc=20%では繰返し三軸試験の液状化強度が高くなった。一方で新潟砂の場合は両試験結果で明確な傾向は得られず、細粒分を含

1: 日大理工・院(前)・建築 2: 日大理工・教員・建築

んだ砂の液状化強度曲線の勾配は $F_c=0\%$ の試料と比べて急になった。

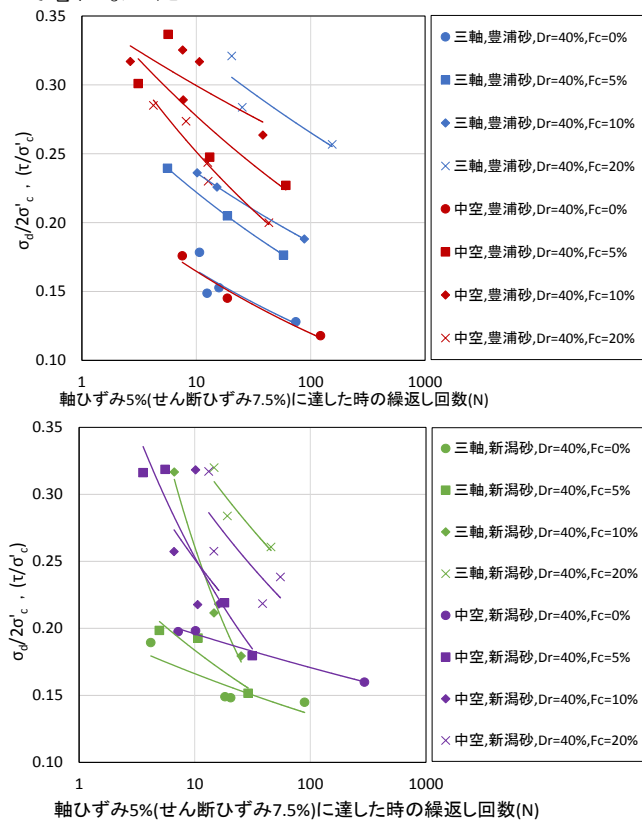


Fig.2 Relationships between stress ratio and number of loading cycles

4. 試験結果検討

4. 1. 軸ひずみ比による検討

既往の文献 3) では軸ひずみ比により、繰返し三軸試験から中空ねじりせん断試験の液状化強度を定量的に評価できることを報告している。ここで軸ひずみ比とは、繰返し三軸試験の両振幅軸ひずみ 5% に達したときの圧縮側でのひずみ量の割合である。図 3 に繰返し三軸試験と中空ねじりせん断試験の繰返し回数 20 回で両振幅軸ひずみ 5% (せん断ひずみ 7.5%) に達した時の液状化強度の比 (以下液状化強度比 $(\tau_c / \sigma'_c) / (\sigma_d / 2 \sigma'_c)$) と軸ひずみ比との関係を示す。また同図中には既往の文献 3) によって報告された試験結果を実線で示している。図 3 より実線に対して、細粒分を含んだ砂においても概ね良い相関が得られた。しかし豊浦砂、新潟砂の $F_c=20\%$ においては試験結果が実線から大きく外れている。これは $F_c=20\%$ の場合、液状化発生条件である両振幅軸ひずみ 5% に至るまでに圧縮側にほとんど軸ひずみが発生しなかったことが原因として考えられる。

4. 2. 軸ひずみ比 2% による検討

本研究では前節の結果を踏まえ、細粒分の影響を考慮した両試験結果の定量的比較方法を検討した。そこで液状化発生条件であるひずみに着目し、両振幅軸ひ

ずみ 2% に達した時の圧縮側のひずみ量の割合 (以下軸ひずみ比 2%) を用いて軸ひずみ比同様の検討を行った。図 4 に液状化強度比と軸ひずみ比 2% の関係を示す。また同図中には中抜きのプロットで図 3 の関係も併せて示した。図 4 より中抜きのプロットと軸ひずみ比 2% を比べると、豊浦砂と新潟砂の $F_c=20\%$ のプロットのみが大きく右側に寄っていることがわかる。また他の試験条件では軸ひずみ比 2% と軸ひずみ比の値は大きく変化しないことから、軸ひずみ比 2% を用いることで細粒分の影響も考慮できることが考えられる。

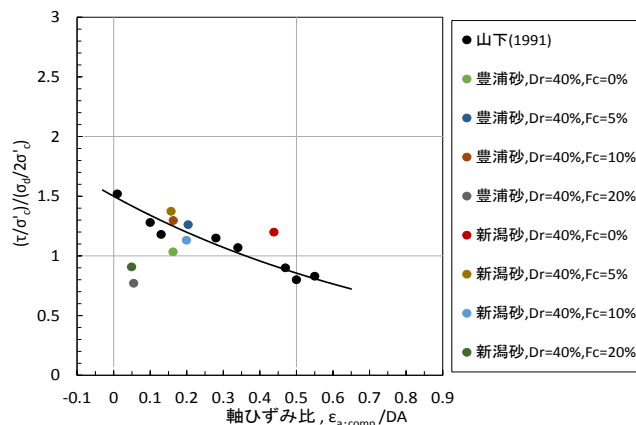


Fig.3 Relationships between ratio of cyclic strength and axial strain ratio, $\epsilon_a \cdot \text{comp.} / DA$

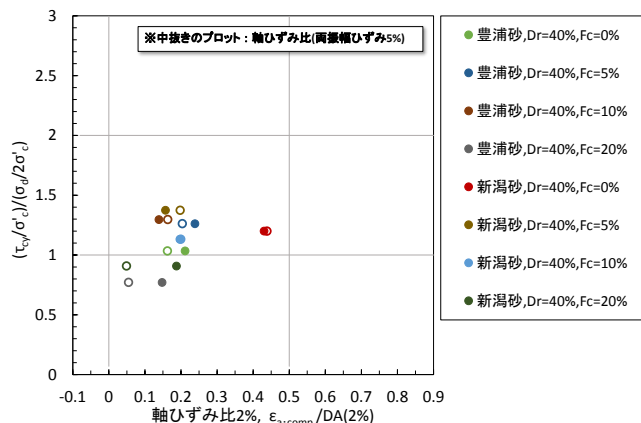


Fig.4 Relationships between ratio of cyclic strength and axial strain ratio, $\epsilon_a \cdot \text{comp.} / DA(2\%)$

5. まとめ

液状化強度比と軸ひずみ比の関係は細粒分を含んだ砂の場合、既往の報告 3) と同様の結果は得られなかった。しかし、軸ひずみ比 2% を用いることで細粒分含有率 $F_c=20\%$ の影響を考慮できる可能性を示した。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会, 2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報, pp.535-536, 2011.
- 2) 黄大振, 柳沢栄司, 菅野高弘: シルトを含む砂のせん断特性について, 土木学会論文集, No.463/III-22, pp.25-33, 1993.
- 3) 山下聡, 砂の繰返し載荷試験結果に及ぼす諸因子の影響と試験結果の適用に関する研究, 北海道大学博士論文, 1992.