

中空ねじりせん断試験システムの開発 その2 ひずみ制御による載荷システム

Torsional Shear Test System on Hollow Cylindrical Specimens of Soils Part 2 Loading System by Strain Control

○竹中雄紀¹, 山田雅一², 安達俊夫², 山田峻作³, 寺木亨³*Yuki Takenaka¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi², Syunsaku Yamada³, Toru Teraki³

Abstract: Previous torsional shear test system on hollow cylindrical specimens of soils, have been developed to study the basic behavior of the soil. In this paper, experiments using a system by strain control were conducted, and described the test summary and its application.

1 はじめに

原地盤における土要素の応力・変形状態を比較的忠実に再現できる室内試験の一つにねじりせん断試験がある。中空円筒供試体を用いることで円周方向のせん断応力分布の均一性が図れるため、地震時の地盤内の応力状態の再現性に優れている。土の繰返し挙動を解明する際に、目標のせん断応力やせん断ひずみを供試体に正確に載荷することは、液状化後のひずみを検討するために重要であると考えられる。

本報では、道明ら¹⁾によって開発されたシステムを用いてひずみ制御による液状化試験を行い、ひずみ制御試験の有用性と試験の概要について述べる。

2 ひずみ制御試験の有用性

鉄筋などの材料の強度を測定する際には、変位制御にて試験が行われている。これは、繰返し載荷によって剛性が低下し、十分な応力を生じさせることが困難である。一方で、液状化を対象とした試験では、一定応力振幅の応力制御による試験方法が一般的である。砂地盤においてはあるひずみレベルに達すると正のダイレイタンシーが生じ、剛性が回復するため応力制御による繰返し載荷が可能になるためである。

地盤の液状化について考えると、より大きな液状化被害をもたらす地盤は大ひずみに至っても剛性が回復しないような緩い砂であると考えられる。緩い砂においては、剛性が回復しないことから先に述べた鉄筋などと同様に応力制御に比べ、ひずみ制御による繰返し載荷試験が有効であると考えられる。

本システムはひずみを制御できることから、実際地盤での変形量をもとにした液状化の被害量予測等に活用できる可能性がある。また、地盤系オンライン地震応答実験システムでは、数値積分法を用いて応答変位を求め、それに相当するせん断ひずみを供試体に与え

る必要がある。このようなシステムにもひずみ制御による載荷を応用することで、より正確な地震応答解析を行うことが可能になると考えられる。

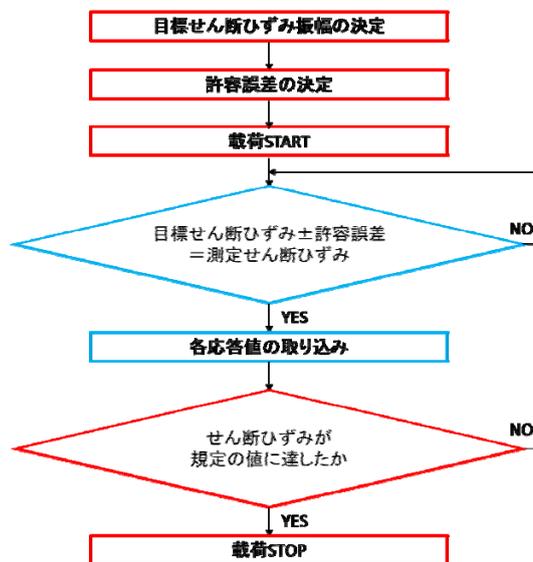


Fig.1 Development System Flowchart

3 中空円筒供試体を用いたねじりせん断試験

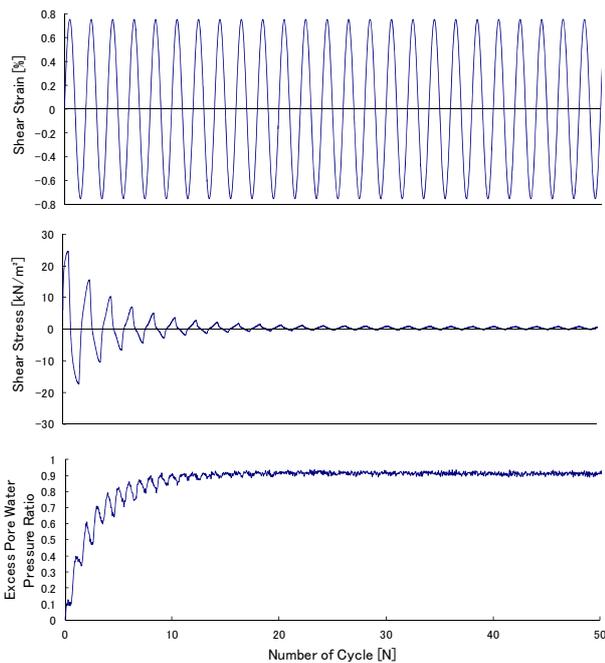
3.1 試験試料および供試体作製方法

本試験における試験試料には新潟砂 ($\rho = 2.692 \text{g/cm}^3$, $e_{\max} = 1.068$, $e_{\min} = 0.65$) を用いた。供試体は中空円筒供試体 (外径 10cm, 内径 6cm, 高さ 10cm) を JGS0550 に準拠して空中落下法により作製した。相対密度 D_r は 60% の中密とした。

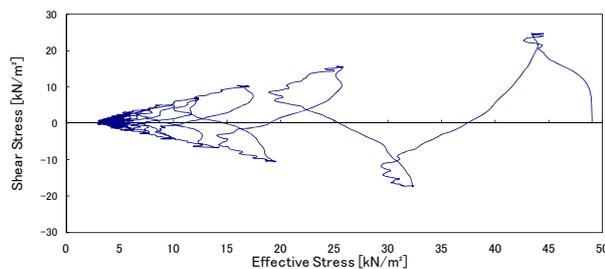
3.2 試験方法

供試体作製後、 CO_2 および脱気水を通し、背圧を与え間隙比係数 B 値が 0.95 以上であることを確認した後、有効拘束圧 49kN/m^2 で等方圧密を行った。圧密終了後、システムに沿って非排水繰返し載荷試験を行った。

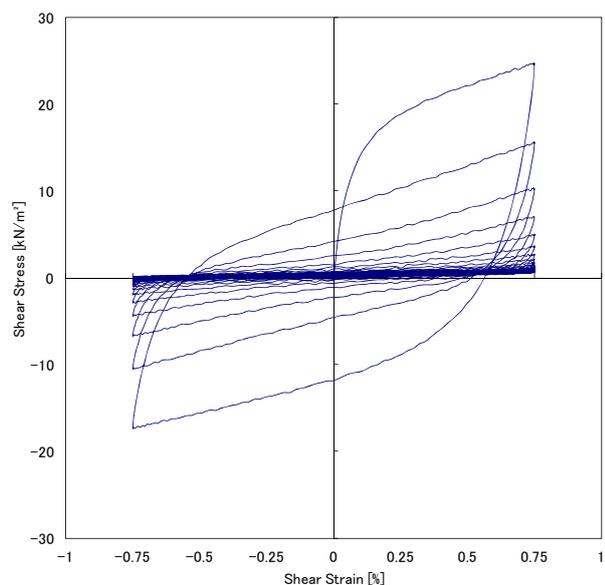
1: 日大理工・学部・建築, 2: 日大理工・教員・建築, 3: 日大理工・院・建築



(a) Time History of Response Result



(b) Effective Stress path



(c) Relationship between Shear Stress and Shear Strain

Fig.2 Time History of Development System
(Niigata sand, $D_r=60\%$)

Fig.1 に開発したシステムの概略フローを示す. システムでは正確なひずみ制御を実現するため電動ジャッキによるアクチュエータ制御を行い, 制御プログラムは LabVIEW を用いる. ここで, 本システムはひずみ制御の一定振幅波に基づいた目標せん断ひずみに対して許容誤差を設定し, 測定せん断ひずみが目標の許容誤差内に達した際の応答値を逐次取り込むこととした.

本試験はせん断ひずみ片振幅 0.75%, 繰返し回数 50 回で行った. これらは風間ら²⁾による非排水繰返し三軸試験の実験条件に基づいて実施したものである. また, せん断ひずみの許容誤差は 1.0×10^{-5} に設定した.

3.3 試験結果

Fig.2 に今回の中空ねじりせん断試験のデータを示す. **Fig.2(a)**より, せん断ひずみ一定のもと, 液状化に伴いせん断応力が小さくなっていることがわかる. このことから液状化に伴ってせん断強度が低下していると考えられる. また, 室内試験において過剰間隙水圧比が 0.95 に達すると液状化していると判断でき, 本試験の結果においても過剰間隙水圧比は 0.95 に達し, 液状化していることが見てとれる. **Fig.2(c)**では液状化後も所定のひずみまで繰返し載荷できていることが確認できる. よって, 本システムは目標のせん断ひずみを与えることができ, 地盤の液状化挙動を把握できることを確認した.

4 まとめ

本報では, 道明らによって開発されたねじりせん断試験システムを用いて, ひずみ制御による非排水繰返し載荷試験を行った. その結果, 高い精度でひずみの制御が行えることを確認し, ひずみ制御による試験は液状化挙動を把握するために有効であることを示唆した.

5 参考文献

- 1) 道明裕毅 他: 中空ねじりせん断試験システムの開発, 日本大学理工学部学術講演会論文集, pp-157-158, 2013 年
- 2) 風間基樹 他: 定ひずみ制御繰返し三軸試験による液状化強度評価の可能性, 土と基礎, 第 46 巻 4 号, pp-21-24, 1998 年
- 3) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, 2009 年
- 4) Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F. and Chung, R.M.: Influence of SPT: Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluation, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.111, No.12, pp-1425-1445, 1998 年