

中空ねじりせん断試験システムの開発 Torsional Shear Test System on Hollow Cylindrical Specimens of Soils

○道明裕毅¹, 山田雅一², 安達俊夫²

*Yuki Domyo¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi²

Abstract: Previous torsional shear test system on hollow cylindrical specimens of soils have been developed to study the basic behavior of the soil. However, there is a problem that anamnesic system cannot be accurately loading the shear stress after liquefaction. Authors developed a torsional shear test system on hollow cylindrical capable of reproducing accurate stress state after liquefaction.

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。この試験は、制御できる応力の自由度が大きいことから、種々の応力状態における土の基本的な挙動の解明を目的とした研究に用いられることが多い。

本報では、「応力制御およびひずみ制御」での「一定振幅波および不規則波」による正確な載荷が可能でねじりせん断試験を開発したので、そのシステム概要について述べる。

2. 試験システムの課題点

ねじりせん断試験において、中空円筒供試体を用いたねじりせん断試験(以下、「中空ねじりせん断試験」)方法は JGS 0551¹⁾に規定されている。これは、特に土の強度定数と変形挙動を調べるための単調載荷試験に対する基準であるが、地震時の挙動、特に液状化強度特性を求めるために用いられる繰返し試験に対する基準は示されていない。

繰返し試験を用いて土の挙動を求める際には、供試体に対する載荷速度が重要であるとされており、特に圧密非排水条件下において間隙水圧の挙動に大きく起因することが知られている。一方、通常繰返し試験ではひずみ制御ではなく、一定の周波数による応力振幅制御にて載荷を行っている。中空ねじりせん断試験で繰返し載荷を行う場合、三軸試験での規定である JGS 0541¹⁾に則った応力制御での繰返し載荷による試験が行われているのが現状である。さらに、この応力制御による中空ねじりせん断試験での載荷は、特に土が液状化してせん断ひずみが大きくなると、規定に則った一定応力振幅を正確に供試体に発生させることが非常に困難であるという問題点も有している (Fig.2-(a))。

液状化の定義としてはせん断ひずみを用いられるこ

とが一般的であり、土の繰返し挙動を解明する際に、目標のせん断応力を供試体に正確に載荷することは、特に液状化後のひずみ値を検討するために重要であるといえる。

このような背景から、本報では供試体が液状化した後も目標とする応力を発生させることが出来る中空ねじりせん断試験システム(以下、「開発システム」)を開発し、その開発システムによる中空ねじりせん断試験結果と、一定周波数での応力制御による中空ねじりせん断試験(以下、「既システム」)結果を比較する。

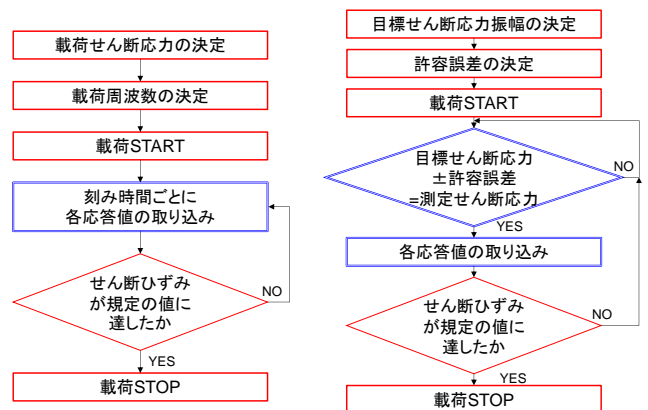
3. 中空円筒供試体を用いたねじりせん断試験

3-1 試料および供試体の作製方法

本試験における試験試料は、新潟砂を用いた。供試体は外径 10cm, 内径 6cm, 高さ 10cm の中空円筒供試体を用いた。供試体作製方法は空中落下法を用い、相対密度 D_r は 60% の中密とした。

3-2 試験方法

開発システムおよび既システムによる試験は共に応力制御での一定応力振幅を目標とし、繰返し載荷試験を行った。規定の作製法により供試体を作製し、二酸化炭素、脱気水を通し、背圧を与え B 値が 0.96 以上で



(a)Anamnesic System (b)Development System

Fig.1 System Flowchart

1: 日大理工・院・建築 2: 日大理工・教員・建築

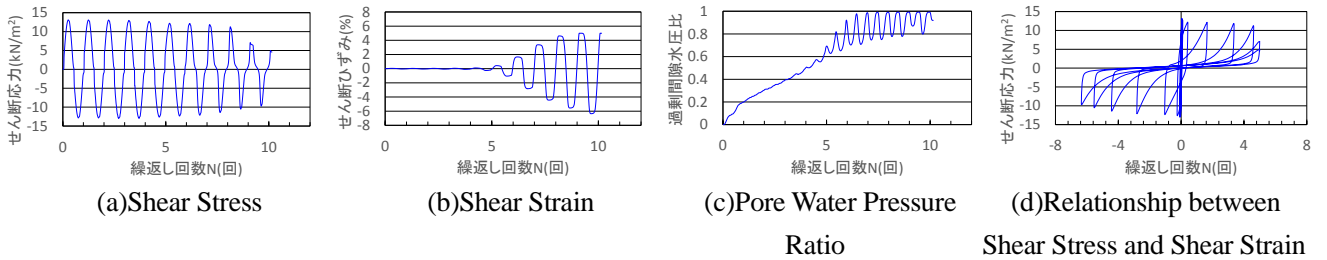


Fig.2 Time History of Anamnestic System (Niigata sand, $D_r=60\%$, $\sigma'_{0}=49\text{kN/m}^2$)

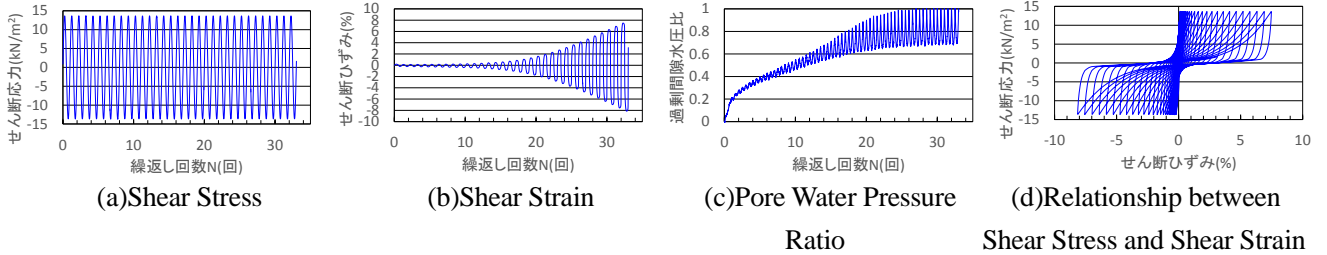


Fig.3 Time History of Development System (Niigata sand, $D_r=60\%$, $\sigma'_{0}=49\text{kN/m}^2$)

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、それぞれのシステムで繰返し荷重試験を行った。

3.3. 試験結果

Fig.1 に開発システムおよび既システムの概略フローを示す。Fig.2 に既システムの試験データの一例を示す。既システムは油圧によるアクチュエータ制御を行っており、ファンクションジェネレータを用いたシステムである。Fig.2-(a)をみると、一定の周波数による荷重では一定応力振幅を目標値としても液状化とともにせん断応力が追従しなくなってしまうことが見てとれる。そのため、既システムにおいて液状化後は正確なせん断ひずみが発生していないと考えられる。

そこで開発システムは、目標せん断応力に対して許容誤差を設定し、測定せん断応力が目標値の許容誤差内に達したときの応答値を逐次取り込むこととした。その許容誤差は JGS 0541 においてはセル圧の $\pm 1\%$ と規定されていることから開発システムでは高い精度を確保するため、 $1 \times 10^2 [\text{kN/m}^2]$ と設定した。このシステムではステップごとに実時間は変わり、破壊に近づくとも応力が発生しにくくなることからステップ間の実時間はより長くなる。正弦波での一周期のデータ個数は 100 とした。以上の概念図を Fig.4 に示す。これらを実現するために、開発システムでは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 を用いている。また、開発システムは一定応力振幅による制御だけではなく、ひずみ制御や不規則波形での制御も可能である。

4. 考察

Fig.3 に開発システムの試験データの一例を示す。

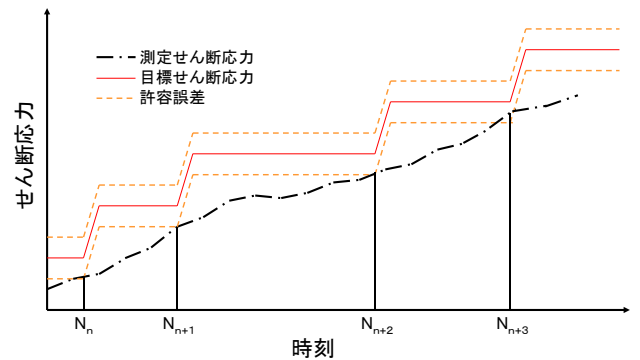


Fig.4 Conceptual Diagram of Output Data of Development System

Fig.3-(a), (b)より、開発システムによる実験は目標とする一定応力振幅をひずみが増大した後も正確に与えていることが見て取れる。同様に、Fig.3-(b), (c)よりひずみが一様に両振幅で増大していき、過剰間隙水圧もひずみの増大と共に上昇している。このことから、本システムでは一定応力振幅による繰返し挙動を正確に実験できているといえる。

5. まとめ

本報では、応力制御によって液状化後も目標の応力を発生させることが出来る中空円筒供試体を用いたねじりせん断試験システムを開発した。その結果、液状化後も供試体に所定の一定応力を発生させることができ、精度の高い繰返し挙動を再現できるせん断試験が行えることを確認した。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会 ;地盤材料試験の方法と解説,2009
- 2) Seed,H.B., Tokimatsu,K., Harder,L.F. and Chung, R.M.:Influence of SPT Proceduresin Soil Liquefaction Resistance Evaluation, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.111, No.12, pp1425-1445, 1998