

高知高専型一面せん断試験による液状化強度試験

高知工業高等専門学校 ○谷本和香奈、岡林宏二郎、伊月優星

1.はじめに

近年、日本では地震による液状化被害がクローズアップされている。今後 30 年以内に、70～80%の確率で南海トラフ大地震が発生すると予想され、巨大な津波と液状化の被害が想定されている。従来の液状化強度試験は、一般的に繰返し三軸試験が行われてきたが、試験方法が複雑であり、均質な供試体試料の確保が難しく個人差が出やすいなどの問題点がある。一方、一面せん断試験機は、異方性圧密での試験が実施可能で、実地盤の再現性が高いとされる。そこで、高知高専では定圧・定体積条件で試験を行うことのできる定応力型の高知高専型一面せん断試験機を開発した。本研究では、昨年度問題となった有効応力経路の不連続部分の液状化強度への影響、定体積条件の制御とせん断箱の傾きの有無の影響について、これまでのバージョンに対して比較検討した。

2.実験方法

一面せん断試験における液状化強度試験は、基準化していないため繰返し三軸試験と同等の条件を以下のように設定した。

1) 繰返し三軸試験の破壊基準である両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ を、繰返し一面せん断試験の両振り振幅変位 $D\delta$ に変換する。軸方向を ε_1 、水平方向を ε_2 とすると次式の関係を得る¹⁾。

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 1.5\varepsilon_1 = 1.5DA$$

一面せん断試験におけるせん断ひずみ γ_{xy} は次式で表す¹⁾。

$$\gamma_{xy} = \frac{\text{せん断変位 } D\delta}{\text{せん断高さ } H}$$

$$D\delta = \gamma_{xy} \cdot H$$

せん断高さを供試体の高さとする、供試体の高さは 20mm なので繰返し三軸試験による両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に相当する両振り振幅 $D\delta$ は 1.5mm となる。

2) 繰返し三軸試験の破壊基準である過剰間隙水圧 $\Delta u / \sigma_0 = 95\%$ を、繰返し一面せん断試験の有効応力比 σ' / σ_0 に変換する。機構上、絶乾状態で試験を行うので、垂直応力と有効応力は等しくなる。繰返し三軸試験による過剰間隙水圧 $\Delta u / \sigma_0 = 95\%$ に相当する有効応力比 σ' / σ_0 は 5% となる。

ターゲット値の設定は図 1 より定めた。液状化強度試験条件を表 1 に示し、使用するプログラムバージョンと制御条件の関係を表 2 に示す。これらを用いて液状化強度試験を実施した。

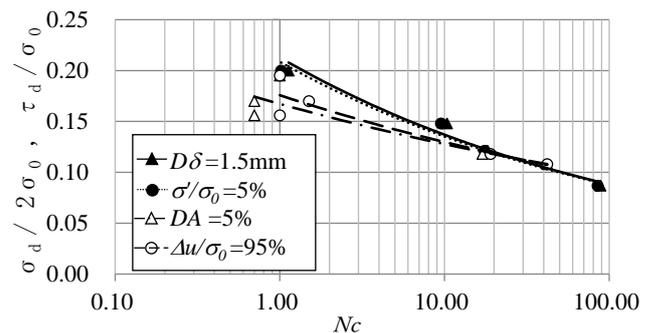


図 1 液状化強度曲

表 1 液状化強度試験条件

項目	条件
供試体寸法(mm)	φ60×H20 mm
試料名	豊浦標準砂
供試体作成方法	空中落下法
試料状態	絶乾状態
排水条件	非排水
土粒子の密度(g/cm ³)	2.643 g/cm ³
相対密度Dr (%)	30.2% 緩い～密度
圧密応力(kPa)	100kPa
最大せん断応力(kPa)	10 ~ 18kPa

表 2 プログラムバージョンと制御条件

バージョン	制御条件
Ver1.0.5	圧密終了時にせん断箱の傾き(変位)を0(ゼロ)に修正する
	垂直変位の変動幅を±0.01mm以内に制御する(定体積制御)
Ver1.0.3	圧密終了時にせん断箱の傾き(変位)を0(ゼロ)に修正する
	垂直変位の変動幅の制御 なし
Ver1.0.3(前任者)	圧密終了時にせん断箱の傾き(変位)を0(ゼロ)に修正
	垂直変位の変動幅の制御 なし

3.実験結果および考察

3.1 定体積条件による有効応力の不連続性

図2より、定体積制御がある場合は、供試体はせん断され徐々にせん断強さを損失して、供試体がX軸方向(水平)に移動すると、Y軸方向(垂直)から変動幅 $\pm 0.01\text{mm}$ に制御するために荷重が載荷・除荷される。これによってせん断回数が停滞している。一方で体積制御がない場合は、Y軸方向(垂直)からの荷重がないため体積が減少し供試体の密度が増加して、せん断回数が増加している。

3.2 せん断箱の傾きの影響

図3より、傾き調整をしている方がせん断の繰返し回数が少ない。供試体作製は手作業であるので、せん断回数に個人差が出てくることから傾き調整の有無による影響はないが、繰返し回数についての検討をする必要がある。

3.1と3.2よりver1.0.5を用いて試験を実施した方が良いと判断する。しかし、定体積制御の変動幅 $\pm 0.01\text{mm}$ という制限については、再検討する必要がある。

3.3 液状化強度曲線

上記の結果を踏まえ、一面せん断試験と繰返し三軸試験の結果と比較する。

一面せん断試験の結果が繰返し三軸試験の結果より大きな値を示している。一面せん断試験は、試料が乱れにくく、異方性圧密で試験を実施できるため実地盤の再現性が高いとされており、結果は正しいと考える。さらに詳しく確認するために、実際の砂層を想定した中密度の試験を行い比較する必要がある。

4.まとめ

本研究より以下の事が分かった。

- ①定体積制御による有効応力の水平移動は問題ないが、さらに、定体積制御の制限を検討する必要がある。
- ②せん断箱の傾き調整の有無では、繰返し回数について今後も試験を行い検討する必要がある。
- ③上記の結果より、今後はver1.0.5を主として使用し、液状化強度試験を実施する。また、実地盤状態に近い中密度 $=50\%$ での試験を行い、三軸試験とも比較検討する必要がある。

参考文献

- 1)石川祐規,新型一面せん断試験機の開発とその応用, -経済的設計に向けた土の強度評価法の提案-,pp.37, 94~95,112,2010年

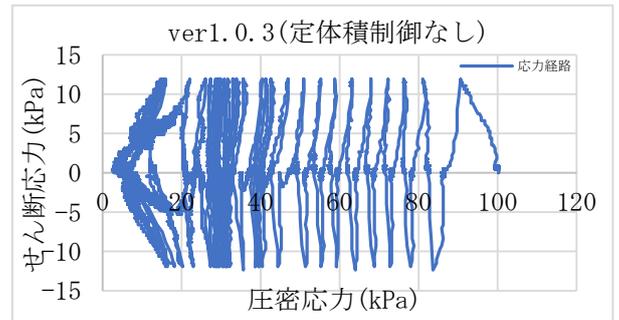
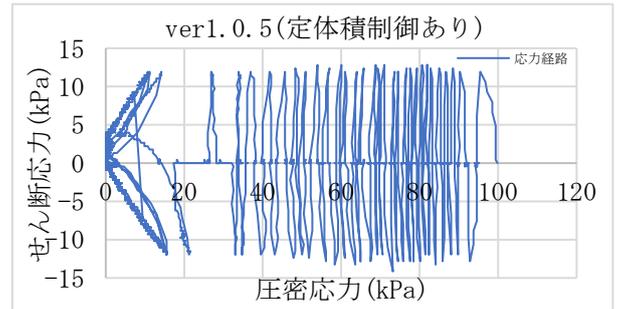


図2 有効応力経路(最大せん断応力 12kPa 時)

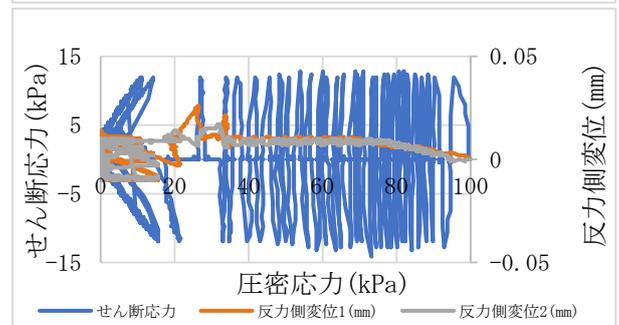
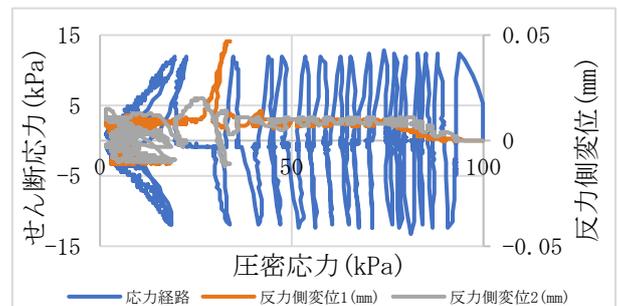


図3 応力経路(最大せん断応力 12kPa 時)
反力変位

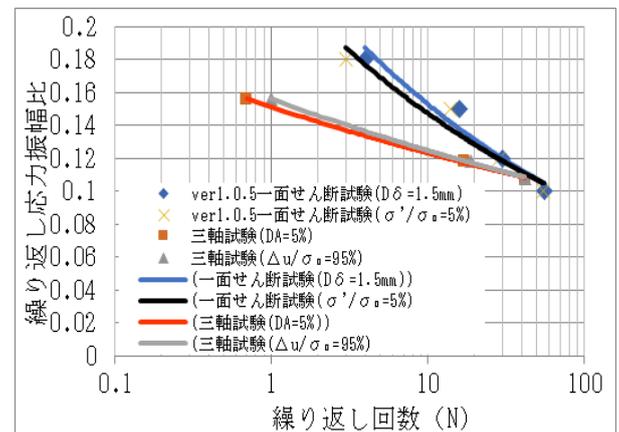


図4 液状化強度曲線