

高知高専型一面せん断試験機による液状化強度試験の実施に向けて

高知工業高等専門学校 学生会員 ○伊月優星

高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎 高知工業高等専門学校 学生会員 谷本和佳奈

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災や、2016 年 4 月 16 日に起きた熊本地震などといった大震災が多く発生し、液状化現象による被害が広範囲で発生した。液状化の判定は、一般的に繰り返し三軸試験を用いて行われている。しかし、この方法では、試料の乱れの影響を受けやすい、実地盤と同じ異方圧密応力状態からの繰り返し載荷ができないなどの課題点もある。そこで、本校では、試料の乱れが少なく、実地盤と同じ応力状態で載荷でき、比較的容易に試験できる高知高専型一面せん断試験機を開発した。

本研究では、前年度の課題点であった応力経路の不連続部分の解明と、せん断箱の傾きによる影響の有無、相対密度 50%における液状化強度試験を実施し、それぞれの検討を行う。

2. 高知高専型一面せん断試験機

図 1 に高知高専型一面せん断試験機を示す。この試験機の特徴は、定圧試験と定体積試験の機能を参考に、二つの試験を同一の試験機で行うことが可能である。

せん断箱上のスライド上に 2 つのモーターと荷重計を設置している。定体積試験では、2 つの上部垂直荷重計より垂直応力を求め、垂直力モーターの回転を固定することにより、定体積条件を満足させた。定圧試験では、垂直力モーターを制御することにより垂直応力を一定に保てるようにした¹⁾。

3. 液状化強度試験

表 1 に、液状化強度試験条件を示す。

3.1 一面せん断試験機への液状化強度試験の変更点

- 1) 繰り返し三軸試験の両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ は、繰り返し一面せん断試験では、両振り振幅 $D\delta=1.5mm$ に変更する²⁾。
- 2) 繰り返し三軸試験の過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0=95\%$ は、繰り返し一面せん断試験では、有効応力比 $\sigma'/\sigma'_0=5\%$ に変更する²⁾。

4. 試験結果

4.1 有効応力経路の不連続部分の解明図 2 に定体積制御 $\pm 0.01mm$ のある ver1.0.5 の応力経路、図 3 に定体積制御のない ver1.0.35 の応力経路を示す。これらを比較すると、ver1.0.5 の丸で囲っている部分が、ver1.0.35 では、密に応力がかかり、繰り返し回数が多くなっていることが確認できる。また、図 4 に ver1.0.5 の反力側変位計の値を示し、図 5 に、ver1.0.35 の反力側変位計の値を示す。図 4 の制御がかかっている場合に比べ、図 5 のかかっていない場合は、液状化が発生したと判定できる部分で大幅に変位が大きくなっていることが分かる。

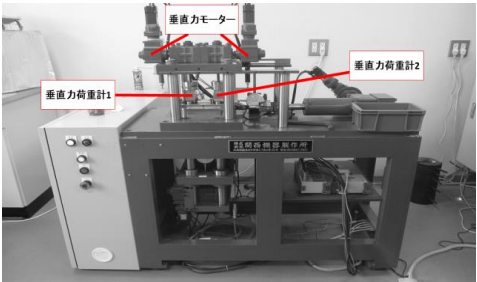


図 1 高知高専型一面せん断試験機

表 1 液状化強度試験条

項目	条件	
供試体寸法(mm)	Φ60×H20	
試料名	豊浦標準砂	
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	
相対密度(%)	30	50
圧密応力(kPa)	100	50,100
せん断応力(kPa)	10,12,15,18	
使用プログラム	ver1.0.5(定体積制御,傾き修正可能)	
	ver1.0.35(傾き修正のみ可能)	
	ver1.0.3(両方不可)	

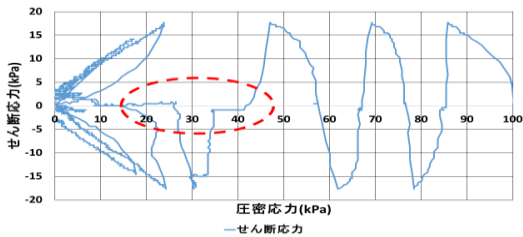


図 2 ver1.0.5 有効応力経路
(繰り返し応力振幅比 0.18)

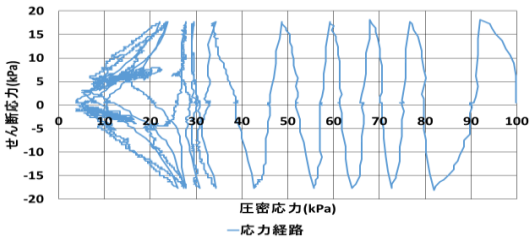


図 3 ver1.0.35 有効応力経路
(繰り返し応力振幅比 0.18)

これは、供試体に大きな応力がかかり、砂が密になり、負のダイレイタンスによる影響で、体積が収縮していると考えられることから、定体積制御は必要である。一方図4では、変位を小さくしたために、制御が効きすぎていることも考えられるため、今後、定体積制御の制限について検討していく必要がある。

4.2 セン断箱の傾きの修正による影響

図6に傾きを修正した場合の応力経路を示し、図7に傾きを修正していない場合の応力経路を示す。

傾きの修正を行った場合、試験時間が短縮出来、せん断応力がよりスムーズにかけられていることが確認できたため、このことから、傾きを修正するほうが良いと判断できる。

4.3 相対密度 50%における液状化強度試験

図8に有効応力比 $\sigma' / \sigma_0 = 5\%$ における液状化強度曲線を示し、図9に両振り振幅 $D\delta = 1.5\text{mm}$ における液状化強度曲線を示す。

図8、図9の結果から、一面せん断試験の値より、三軸試験の結果の方が大きい値が出ていことが確認できた。現段階では、一面せん断試験の値は、制御の制限が強いこともと考えられるため、今後、制限を変更しつつ、再度検討を行う必要がある。

しかし、拘束圧を変更して試験を行った際に、三軸試験と同じ挙動が確認できたことから、相対密度 50%においても試験が可能ということが確認できた。

5. 結 言

本研究から、以下のことが確認出来た。

① 応力経路の不連続部分には、定体積条件は必要だが、制御の効きすぎに問題があることが考えられるため、検討する必要がある。

② セン断箱の傾きを修正することにより、試験時間の短縮と、応力がスムーズにかけられることが確認出来た。

③ ①の結果の影響が液状化強度に出ている可能性があると考えられた。しかし、相対密度 50%においても液状化強度試験が行えることが確認出来た。

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方法の提案-, 2010 年, pp. 37, 94 ~ 95, 112.
- (2) 伊月優星, H28 年度卒業研究論文 2017 年, pp. 1 ~ 47.

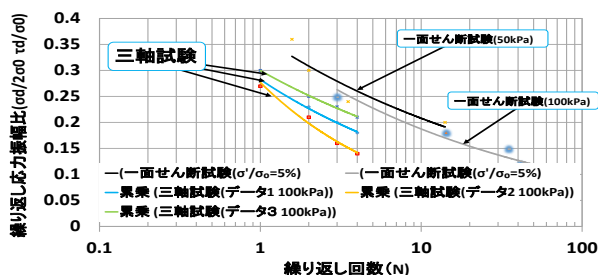


図8 液状化強度曲線 ($\sigma' / \sigma_0 = 5\%$)

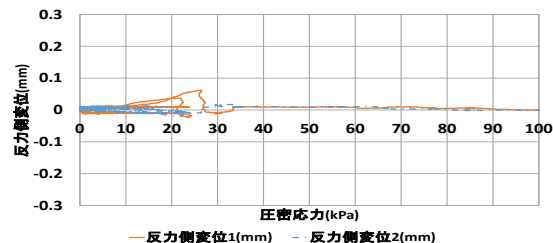


図4 ver1.0.5 反力側変位計 (繰り返し応力振幅比 0.18)

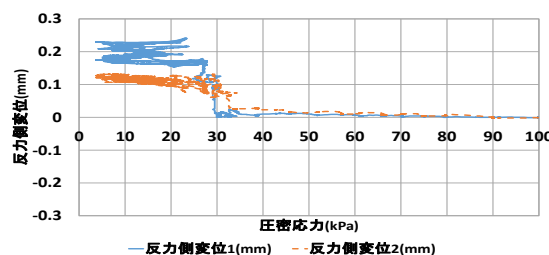


図5 ver1.0.35 反力側変位計 (繰り返し応力振幅比 0.18)

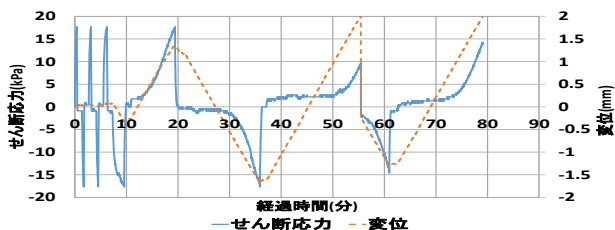


図6 経過時間ごとの応力経路 (傾き修正あり)

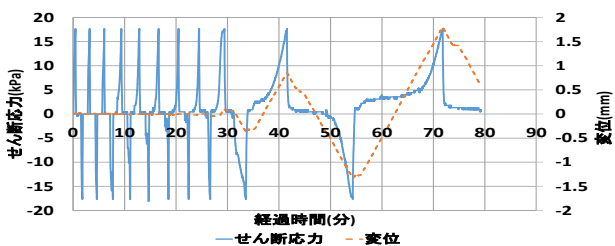


図7 経過時間ごとの応力経路 (傾き修正なし)

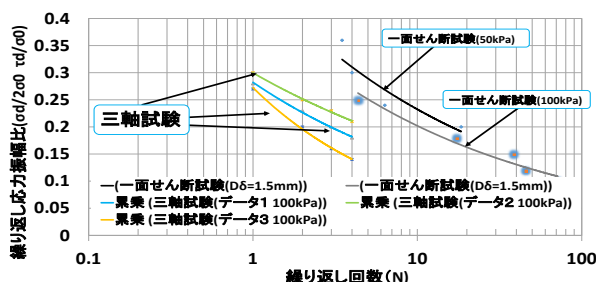


図9 液状化強度曲線 ($D\delta = 1.5\text{mm}$)