

高知高専型一面せん断試験機による定圧試験・定体積試験の比較

高知工業高等専門学校 学生会員 ○門田綾乃 正会員 岡林宏二郎
高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 土居翔太 高知県 正会員 常石 晶

1. 序論

1964年6月16日の新潟地震によって液状化現象が国内で知られるようになった。東日本大震災でも、液状化対策をしていない地域で液状化により構造物が大きく傾く被害や、噴砂現象がみられた。液状化の判定を精度良く行うためには、低応力の定体積試験を行う必要がある。そこで高知高専では、三軸試験に比べ試験機の構造が簡単である一面せん断試験の長所に加え、定応力・定体積試験を行える低応力型一面せん断試験機を開発した。本研究では定圧試験を行い、制御時の圧密応力のバラツキを減少させ、精度向上を検討する。次に定体積試験を行い、定圧試験と同様の結果が得られるかについて強度定数を比較検討した。

2. 実験方法

2.1 定圧試験の目的・方法

定圧試験は、所定の圧密応力に対する定圧せん断強さを求めることが目的である。せん断面上の垂直応力を一定にしてせん断する。表1に試験条件を示す。間隙比0.74の場合の相対密度は $Dr=57.7\%$ 、間隙比0.84の場合の相対密度は $Dr=30.2\%$ である¹⁾。同様の条件で三回ずつ試験を行うことで再現性をみている。定圧試験のせん断中の圧密応力は、変動率を $\pm 3\%$ に保つ必要がある²⁾が、本試験機は液状化の強度定数を求めることが目的であり、低圧密時にはより精度の高い制御が必要となるため変動率が 2% 以内を目標としている。

2.2 定体積試験の目的・方法

定体積試験は、所定の圧密応力に対する定体積せん断強さを求めることが目的である。供試体の体積変化を生じさせずにせん断する。試験条件は定圧試験とほぼ同じとし、ゴム板は用いずに行う。

定体積条件を満たすために、高さ2cmの供試体では、垂直変位の変動幅が $\pm 0.01\text{mm}$ 以下となるように制御する²⁾。本試験は反力側変位を操作しているが反力側操作時の許容変動幅は定義されていない。そこで高精度制御を目的とし、変動幅は $\pm 0.01\text{mm}$ を目標とする。

3. 実験結果および考察

3.1 定圧試験

図1に間隙比0.84・ゴム板なし、図2に間隙比0.84・ゴム板ありの圧密応力の変化を示す。図1および図2よりゴム板を挟むことによってせん断過程の圧密応力のブレを抑えることができた。各条件をそれぞれ三回ずつ行った結果をもとに、求めた内部摩擦角(ϕ_d)を表2に示す。

表1 定圧試験パラメータ

項目	条件
供試体寸法	$\phi 6\text{cm} \times H2\text{cm}$
試料名	豊浦標準砂
試料状態	絶乾状態
土粒子の密度	2.626g/cm^3
間隙比	0.74、0.84
圧密応力	50、100、150、200kPa
せん断速さ	0.2mm/min

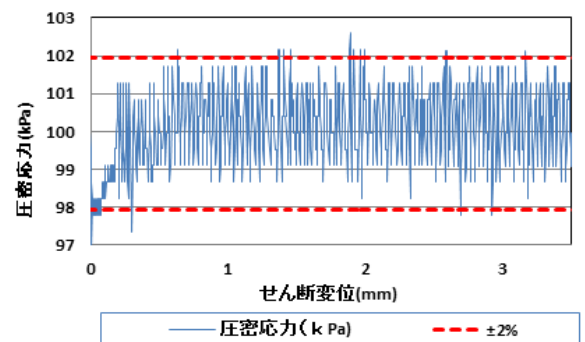


図1 圧密応力のばらつき(e=0.84 ゴム板なし)

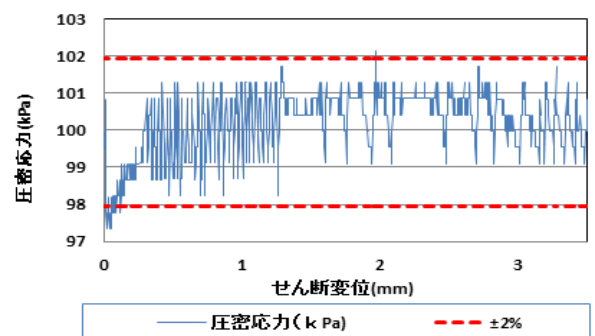


図2 圧密応力のばらつき(e=0.84 ゴム板あり)

表 2 より左右の反力荷重計にゴム板を挟むことによって間隙比 $e=0.84$ の場合の ϕ_d は同様の値が得られ、間隙比 $e=0.74$ の場合は ϕ_d が少し減少している。

3. 2 定体積試験

図 3 にせん断過程における反力側変位とその平均の関係、図 4 に間隙比 0.74 の場合の圧密応力とせん断荷重の関係、図 5 に間隙比 0.84 の場合の圧密応力とせん断荷重の関係を示す。

垂直変位の許容値は $\pm 0.01\text{mm}$ とされている。以前は許容値に入る割合が、圧密応力 100kPa では 30%程度であったものが、プログラムを改善することで図 3 のように、反力側変位 1・2 の平均値は 100%許容値に入るようになったことがわかる。

定体積試験は本研究では絶乾状態で行っているため間隙水圧が発生せず、実験により得られた値が強度定数になり、理論上は定圧試験と同様の値が得られるはずである。図 4 および図 5 より間隙比 0.74 のときの内部摩擦角は $\phi' = 33.5^\circ$ 、間隙比 0.84 のときの内部摩擦角は $\phi' = 33.5^\circ$ となった。このとき、定圧試験と同様に、絶乾状態の試料を用いているため粘着力は 0 としている。

既存の試験により求められた強度定数は $e=0.74$ の場合は $\phi' = 38.8^\circ$ 、 $e=0.84$ の場合は $\phi' = 33.4^\circ$ である³⁾。

$e=0.84$ の場合は近い値を得ることができたが、 $e=0.74$ の場合は小さい値となった。 $e=0.74$ の場合に強度定数が小さくなった原因としてダイレイタンスによる影響が挙げられる。砂の密度が中位の場合や密な場合には、せん断するとダイレイタンスが正となり供試体は膨張しようとする。これに対し、試験機は定体積に保とうとするため圧密応力が増加し、強度定数が小さくなったと考える。

4. 結論

定圧試験の結果からゴム板を挟むことによりせん断過程における圧密応力のブレを抑えることができ、より正しい強度定数をもとめることができるようになった。定体積試験では、プログラムを改善することで定体積条件(垂直変位 $\pm 0.01\text{mm}$)を保つことができるようになった。

定圧試験と定体積試験の強度定数を比較すると、 $e=0.74$ の場合は定体積試験の強度定数は小さい値となったが $e=0.84$ の場合は同様の値を得ることができた。

参考文献

- 1) 土居, 高知高専型一面船団試験機による圧密排水せん断試験, 特別研究中間発表要旨, 2014, P. 2
- 2) 社団法人 地盤工学会, 土質試験の方法と解説, せん断試験, 2004, P. 563~717
- 3) 石川裕規, 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—, 徳島大学学位申請論文, 2010, P. 23~113

表 2 定圧試験強度定数

	間隙比 0.74	間隙比 0.84
ゴム板なし	37.2°	33.5°
ゴム板あり	36.8°	33.5°

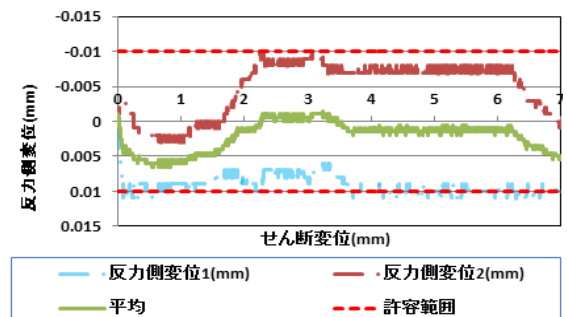


図 3 せん断変位・反力側変位 ($e=0.84$ 、 100kPa)

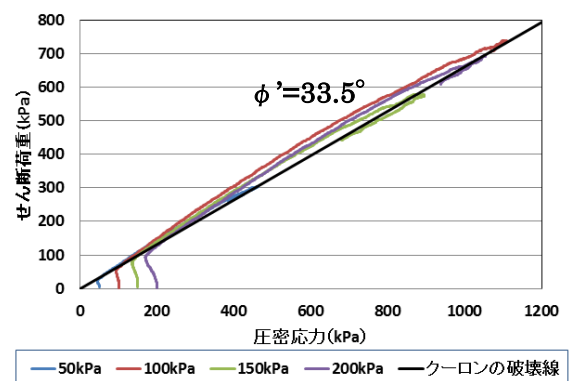


図 4 圧密応力・せん断荷重($e=0.74$)

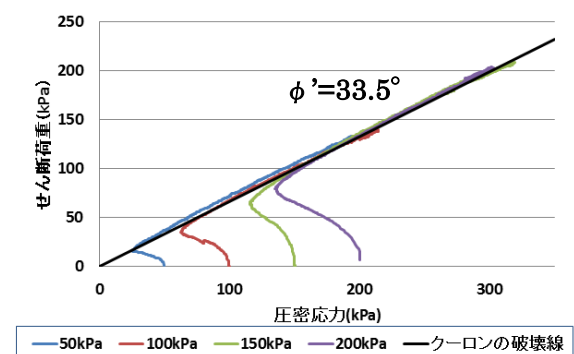


図 5 圧密応力・せん断荷重($e=0.84$)