

液性限界付近の粘性土の力学特性に関する研究

複合技術研究所 正会員 小椋 千夏(元武蔵工業大学)
 武蔵工業大学 正会員 未政 直晃 片田 敏行 目黒 栄治

1. はじめに

日本の平野部の大部分は粘性土の沖積平野であり、高含水比の粘性土地盤が多くみられる。粘性土の力学的性質を知る方法として、一軸圧縮試験、一面せん断試験、三軸せん断試験などがあるが、これらの試験法では、高含水比の粘性土を用いて試験を行うことは不可能であった。本研究では高含水比の粘性土の力学的性質を得られるような新試験器の開発を試み、その新試験器を用いることにより、高含水比の粘性土の力学特性の解析を行った。すなわち試験で得たせん断応力～せん断ひずみ関係を、HDモデルで表現することにより、せん断剛性率G、非排水せん断強度Cu、粘性係数Cの推定を行った。特に粘性土の含水比、種類、シキソトロピーが粘性土の力学特性にどのような影響を与えているかに着目した。

2. 試験器および試験方法

本試験器(以下スライダ型試験器)は本研究を行うために、現行法試験器を検討することで新しく開発したものである。試験器の加速度波の半周期や試料に載荷されるせん断応力は、現行法と同程度となるように調整した。図1にスライダ型試験器の加速度波形を示した。

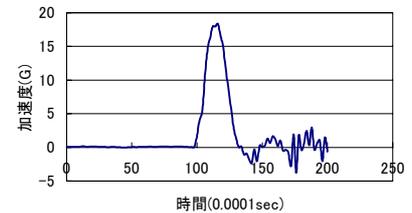


図1 スライダ型試験器の加速度波形

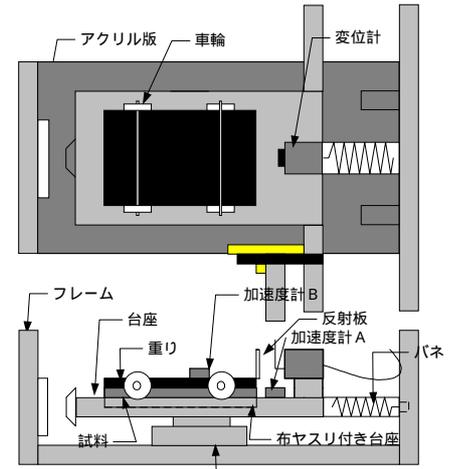


図2 スライダ型試験器

表1 試料の物性

試料名	液性限界	塑性限界	塑性指数
カオリン	46.7%	37.0%	9.7
藤森粘土	62.7%	27.8%	34.9
川崎粘土	68.3%	36.8%	31.5
礫子粘土	53.3%	31.2%	22.1
関東ローム	97.3%	57.3%	40
新潟粘土	66.7%	42.6%	24.1
水戸粘土	66.0%	34.5%	31.5
東京北区粘土	44.0%	34.5%	9.5

表2 含水比が異なる場合の試験条件

試料名	含水比
Case1 カオリン	60%・85%
Case2 藤森粘土	67%・77%
Case3 川崎粘土	80%・90%
Case4 礫子粘土	65.2%・67.6%
Case5 関東ローム	109.8%・112.4%
Case6 水戸粘土	54.9%・69.2%
Case7 新潟粘土	58.3%・66.1%

表3 試料の種類が異なる場合の試験条件

試料名	含水比
Case8 藤森粘土	65.8%
Case9 礫子粘土	65.2%
Case10 関東ローム	109.8%
Case11 水戸粘土	65.3%
Case12 新潟粘土	66.1%
Case13 東京北区粘土	46.9%

表4 試料設置後から載荷までの時間が異なる場合の試験条件

試料名	含水比	経過時間
Case14 カオリン	71.4%	直後 1時間後
Case15 藤森粘土	65.2%	
Case16 川崎粘土	81.5%	

(1) 試験装置の概要

本試験で使用するスライダ型試験器を図2に示した。この試験器はバネの弾性力を利用し、台座にせん断加速度を与える装置である。台座の下には床との摩擦抵抗を抑えるためリニアベアリングを設置した。また台座が衝突するアクリル板の厚さは5mmとする。衝突の際に供試体が滑らないように、滑り止めとして重りと台座に布ヤスリを貼り付けた。試料への載荷は台座がバネによって発射、アクリル板に衝突することで行われる。台座上の加速度計A、重り上の加速度計Bによりそれぞれの応答加速度を測定した。また渦電流変位計を用いて重りに取り付けてある反射板と台座の相対変位を測定する。これにより試料のせん断応力～せん断ひずみ関係を求めることができる。

(2) 試料の作成と試験方法

試験に用いた試料を表1に示した。これらの試料に現行法と同様に水を加え、ガラス板の面上で試料をよく練り合わせることで、土粒子を均一な状態とする。出来上がった試料を7×4×0.5(cm³)の型枠に入れ、スライダ型試験器の台座に設置し、型枠を取り除いた後供試体上に重りを載せる。型枠を取り除いた後試験器を固定し、ハンドルを回すことにより試験を行う。

3. 試験結果および考察

試験条件は(1) 試料を台座に設置してから載荷するまでの時間が異なる場合(表2)、(2) 試料の種類が異なる場合(表3)、(3) 試料の含

キーワード：液性限界、高含水比の粘性土、せん断応力～せん断ひずみ関係、粘性

連絡先：複合技術研究所 〒107-0052 東京都港区赤坂2-15-16 TEL 03-3582-3373 FAX 03-3582-3509

水比が異なる場合 (表 4) の 3 ケースである。

(1) 試料を台座に設置してから載荷までの時間による影響

試料を設置した直後に載荷を行った場合より、1 時間後に載荷を行った方がせん断ひずみは小さく、せん断応力は大きくなった。これはシキソトロピー現象により強度回復が起きたと考えられる。この試験結果から粘性土の含水比、種類および試料台に設置してからの載荷するまでの時間にかかわらず、いずれの曲線もループを描き、土の繰り返し載荷時の応力～ひずみ関係とよく似た形状となっている。また含水比による影響、試料の種類によるループの特徴やシキソトロピーの影響といったものを、試験結果から読みとることができる。

(2) 試料の種類による影響

試料の種類によって、ループ立ち上がり方、形状、残留変位、せん断応力、せん断ひずみの大きさが全く異なることが分かる。

(3) 含水比による影響

図 3 は川崎粘土の試験結果である。この図から含水比が低いほどせん断ひずみは小さく、せん断応力は大きくなるという結果が得られた。

4. 解析結果および考察

解析条件および解析結果を表 5～表 7 に示す。

(1) 含水比による比較

表 5 から含水比が高いほど G, Cu, C が小さくなる事が分かる。

(2) 試料の種類における比較

表 6 から、せん断応力、せん断ひずみ、ループの形状(立ち上がり)は G, C に影響を与えていることが分かる。すなわちせん断応力が大きく、せん断ひずみが小さく、またループの立ち上がりのある粘性土は、G, C が高い値を示し、強度が大きくなるのではないかと考えられる。しかし Cu に関してはどのデータからも明確な関係は得られないことが分かる。

(3) 試料を台座に設置してから載荷までの時間による比較

藤森粘土の動的特性を表 7 に示す。試料を静置することにより、G, Cu, C が大きくなる事が分かる。

以上の結果から、含水比が高いほど G, Cu, C は低い値を示す。せん断応力、せん断ひずみ、ループの形状(立ち上がり)は G, C に影響を与えている。すなわちせん断応力が大きく、せん断ひずみが小さく、またループの立ち上がりのある粘性土は、G, Cu が高い値を示す。試料を静置する時間が、G, Cu, C 全てのパラメータに影響を与えていることが判明した。

5. おわりに

本研究では高含水比の粘性土の力学特性を得ることのできるスライダ型試験器を提案すると同時に、スライダ型試験器を用いた試験結果の適用性を検討した。得られた知見は以下の通りである。

- 液性限界を上回るような高含水比の粘性土のせん断応力～せん断ひずみ関係を容易に得ることができる
- HD モデルと実験値との差を求めることにより、粘性土の動的パラメータを得ることができる
- 粘性土の種類による動的性質の特徴を把握できる
- 粘性土の構造(含水比の違いやシキソトロピーの影響)による動的特性の違いをある程度把握できる。

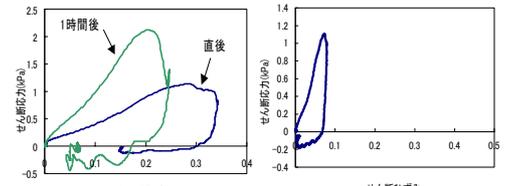


図 8 藤森粘土

図 9 藤森粘土

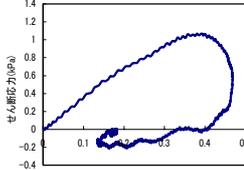


図 10 礫子粘土

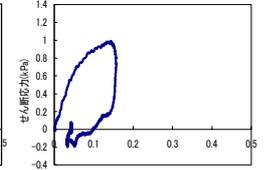


図 11 関東ローム

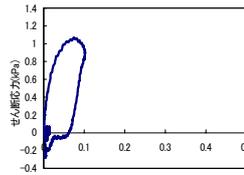


図 12 東京北区粘土

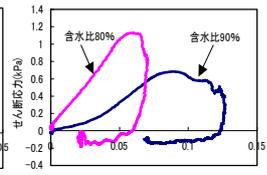


図 13 川崎粘土

表 5 含水比が異なる場合の解析条件および解析結果

Case	種類	含水比	G(kPa)	Cu(kPa)	G/Cu	C(Pa·s)
Case1		80%	7.6	1.7	16.1	0.020
Case2		90%	22.5	0.5	13.0	0.014

表 6 試料の種類が異なる場合の解析条件および解析結果

Case	種類	含水比	G(kPa)	Cu(kPa)	G/Cu	C(Pa·s)
Case3	藤森粘土	65.8%	19.8	2.8	7.1	0.011
Case4	礫子粘土	65.2%	5.7	0.9	6.5	0.003
Case5	関東ローム	109.8%	18.9	0.9	20.6	0.008
Case6	水戸粘土	65.3%	6.3	1.2	5.4	0.005
Case7	東京北区粘土	46.9%	28.5	1.3	21.9	0.040

表 7 試料設置後から載荷までの時間が異なる場合の

解析条件および解析結果

Case	種類	含水比	時間	G(kPa)	Cu(kPa)	G/Cu	C(Pa·s)
Case10		65.2%	直後	8.3	1.1	7.7	0.010
Case11			1時間後	12.4	2.4	5.1	0.004