

有効応力に基づく流れ限界の提案

東北工業大学 学生会員 ○野呂 航平
 東北工業大学 非会員 菅原 彪悟
 東北工業大学 正会員 権 永哲

1. はじめに

従来の液性限界試験では粘土のコンシステンシー特徴を正しく表現しているのかなどの問題があると考えた。

せん断強度からせん断強さが 0 となるとき含水比を液性限界と定義すればよいが液体状の粘土ではせん断試験が行えない状態であるため¹⁾、本研究では CRS 試験(定ひずみ速度圧密試験)を用いて、有効応力の増加に着目した新しい液性限界ある「流れ限界」の存在について検討するとともに CRS 試験における載荷速度による流れ限界への影響の有無を調査した。

また、CRS 試験の問題として流れ限界を検討するためには圧密試験装置を所持していることや試験終了から結果を出すのに 2 日以上かかるという時間的な問題点が挙げられる、そこで流れ限界を簡易的に評価する方法として粘度簡易測定試験を用いて模索した。

2. 試験方法及び試験結果

(1)CRS 試験

本研究には自然粘土ではなく、粘土鉱物に属するカオリナイトとベントナイトを 7:3 で混合させた粘土試料を作成して試験を実施した。

CRS 試験では、液体状の粘土を上下からの排水条件の下、一定のひずみ速度で圧力を載荷されることで有効応力と含水比の関係を決定する試験である。この試験結果は土粒子のみが含まれる供試体に有効応力が加わり出した時の粘土が液体状から個体へと変化している様子を縦軸は有効応力(kN/m²)、横軸を含水比(%)の関係のグラフで表したものである。有効応力と含水比の関係から含水比を決定することにした。

図 1 は、CRS 試験で得られた試験結果である。この試験結果より含水比 220(%)~225(%)の範囲で有効応力が急激に増加していることが確認できた。変化が微量の部分と急激な部分を通る直線を 2 本引いて、その交点の含水比を読むと 220(%)~225(%)であり、従来の液性限界試験より

りも高い値を得られた。同じ条件でもう一度試験を実施したが図 1 と同じ結果を得ることができた。この試験で得られた含水比を液体状の粘土供試体から有効応力の増加に基づいた新しい液性限界言わば「流れ限界」として提案した²⁾。

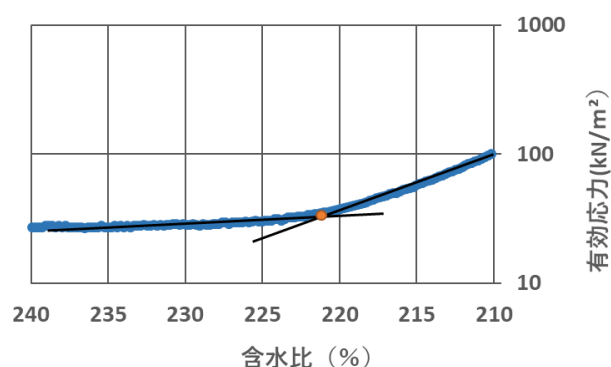


図 1 CRS 試験結果

(2)流れ限界における載荷速度の影響

(1)で行った CRS 試験では 0.005(mm/分)の載荷速度の条件で圧力を載荷させて流れ限界を評価した。ここでは載荷速度以外はすべて同じ条件で試験を実施した。今回の試験では 0.01mm/分,0.025mm/分,0.0025mm/分,0.00125mm/分の載荷速度で試験を実施し、得られた試験結果から流れ限界を比較した。図 2 の試験結果より流れ限界は 220(%)~226(%)の範囲で得ることができた。0.00125mm/分の載荷速度では他の結果と異なる有効応力の変化が確認されたが 2 つの直線の交点の含水比を読むと 220(%)であったため載荷速度による流れ限界への影響はないと結論付けた。

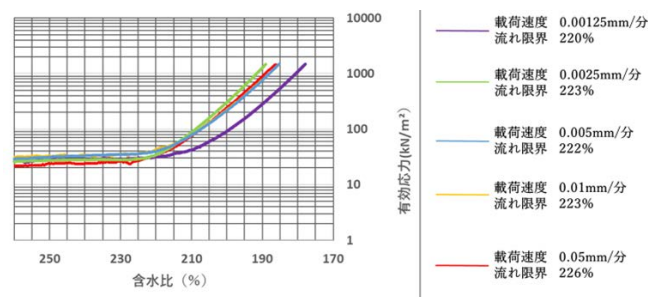


図 2 載荷速度別の CRS 試験結果

キーワード 液性限界 流れ限界 有効応力 CRS 試験 載荷速度 粘度
 連絡先（宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 022-305-3514）

(3)粘度に着目した簡易測定試験

この試験は液体状の粘土に粘度カップという金属製のカップを埋没させて、持ち上げた際に液体状の粘土が下部から排出される時間を計測して粘度カップを制作した会社が作成した粘度換算表²⁾から簡易的に粘度を調べられる試験となっている。

今回の試験では含水比 185(%)~300(%)の範囲で試験を実施した。図3の試験結果より CRS 試験で得られた有効応力と含水比の関係のように含水比 220(%)より粘度が急激に増加していることが確認でき、また含水比 220(%)~300(%)の範囲の変化も微量に増加しているという共通の性質が確認できた。試験結果の特徴として含水比 220(%)から粘度は指数関数的に増加していることが図3から分かる。図4には含水比 220(%)以降の CRS 試験で得られた有効応力と含水比の関係のグラフである。この結果よりも流れ限界である 220(%)~225(%)の含水比から有効応力が指数関数的に増加していることが確認できた。単位が異なるため直接比較することはできないが、液体状の粘土が含水比 220(%)~225(%)から指数関数的に増加するという共通の性質から粘度の簡易測定試験を流れ限界を評価できる試験として提案した。

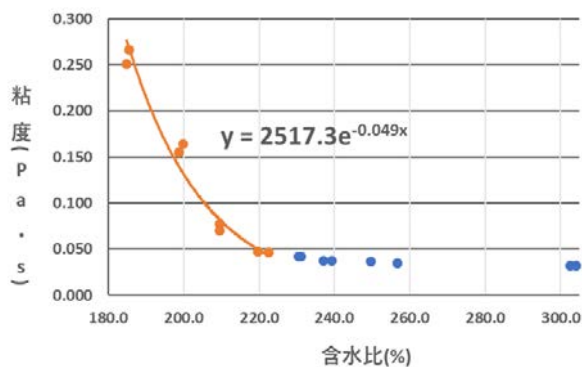


図3 粘度の簡易測定試験結果

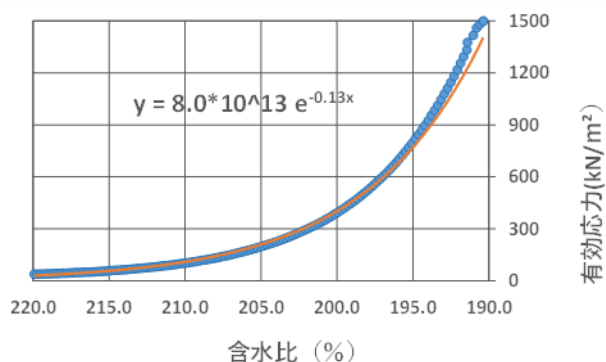


図4 含水比 220(%)以降の CRS 試験結果

4.まとめ

CRS 試験では粘土供試体を一定のひずみ速度で圧密させ、有効応力と含水比に着目した試験結果から含水比を測定した。この試験では試験機の精度が良く容易に行われ、液体の粘土から含水比を測定することが可能であり、有効応力と含水比の関係より含水比 200(%)以上の含水比から流れ限界が存在すると仮定した。また、流れ限界が CRS 試験の載荷速度による影響の有無を調べるために5つの異なる載荷速度で試験を実施したが得られた結果から流れ限界は載荷速度の影響は受けないことが確認できた。そのため試験で得られた含水比 220(%)~225(%)が室内試験において妥当性が高い流れ限界として提案する。

有効応力増加の観点から得た流れ限界を簡易的に評価する試験を模索するために液体状の粘土の粘度に着目した粘度の簡易測定試験を実施した。CRS 試験の結果と粘度試験の結果を比べると有効応力と粘度ともに流れ限界の含水比前後から指数関数的に増加していること含水比 220(%)~300(%)の範囲の変化は微量に増加しているという共通の性質を持った結果を得られた。実際に供試体を作成していても含水比 210(%)と 230(%)では明らかに粘度が違うことを確認できる。上記の共通な性質が得られる粘度の簡易測定試験は流れ限界を簡易的に評価できる試験として提案できると結論付けた。

今後は自然粘土を対象に試験を行い流れ限界の影響因子についての研究や、JIS 規格の粘度試験で粘度と含水比の関係をより正確に調べたい。

参考文献

- 1) Kayabali, K.: Assessment of Shear Strength at Consistency Limits - A Reappraisal, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol.16, pp.1680-1695, 2011.
- 2) 今野旭：有効応力の増加に基づく新しい液性限界の提案,東北工業大学工学部都市マネジメント学科卒業研修論文, No.I-28, 2020.
- 3) アネスト岩田株式会社 粘度換算表
https://www.anest-iwata.co.jp/liquid/tech/index_market_top.html (2022 年 12 月 14 日閲覧)