

セメント系スラリーのやわらかさ指標に関する研究

東京都市大学 学生会員○中村亮太 正会員 末政直晃
株式会社橋梁コンサルタント 非会員 大石侑奈
TRD 工法協会 非会員 木下文男

1. はじめに

ソイルセメント地中連続壁工法は、掘削残土とセメントミルクを混合攪拌する事によって造成される。一般的に、連続壁を造成する際に使用するソイルセメントは施工敷地内で作成しているが、大深度の掘削の場合に作業時間を要すことに対して、セメントの固化が早期であると施工の際に施工機に破損が生じる事や、大深度の場合に芯材の挿入が困難になる等の問題が生じる¹⁾。本研究ではソイルセメントに遅延剤を添加し、固化を遅延しつつ、最終的な強度低下を抑える事を目的としている。既往の研究ではソイルセメントの強度を比較する際に、芯材の挿入を模擬した針の貫入を行ってきた。しかしながら、わずかな強度変化を調べるには難しい点も確認された。そこで、本報告では粘土スラリーに対して針貫入試験、ボール貫入試験、テーブルフロー試験を行い、試料の柔らかさの比較及び、実験器具の精度の確認を行った。また、試験を簡易的に行うため粘土の含水比を変化させて比較を行った。

2. 実験概要

表-1 に本実験で用いた試料(カオリン、ベントナイト、青粘土)の土の物理学特性を示す。また本実験では簡易的に貫入力や硬軟を比較するために、粘土の含水比を変化させて実験を行った。使用した試料の液性限界・塑性限界試験の結果を考慮し、カオリンに対しては含水比を 55%~95%、ベントナイトに対しては含水比を 250%~310%、青粘土は 40%~65%の範囲で変化させた。含水比を変化させた試料の柔らかさを比較するため、針貫入試験、ボール貫入試験、テーブルフロー試験を行った。針貫入試験は、直径 8.0mm のスチール製の針、ボール貫入試験は直径 25mm の球体を変位速度 60mm/min で 50.0mm まで貫入させ、その際の貫入抵抗力を測定した。各含水比において 5 回試験を行った。また、ボール貫入試験では試料が硬強であると、貫入した際に土が元の位置に戻らなくなるため、精度の低下が予想される。そのため、針貫入試験よりも含水比を高くし、貫入を行っても土が元の位置に戻る範囲で試験を行った。

3. 実験結果

図 1 にカオリンの針貫入試験時の貫入挙動を、図 2 にカオリンのボール貫入試験時の貫入挙動を示す。ボール貫

表 1 土の物理力学指標結果

	カオリン	ベントナイト	青粘土
液性限界(%)	56.97	232.07	43.63
塑性限界(%)	34.32	22.12	25.15
塑性指数	22.64	209.95	18.48
コンシステンシー	2.48	1.07	2.34

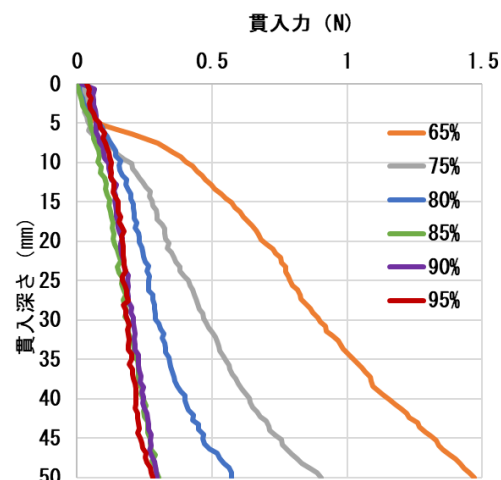


図 1 針貫入試験貫入挙動

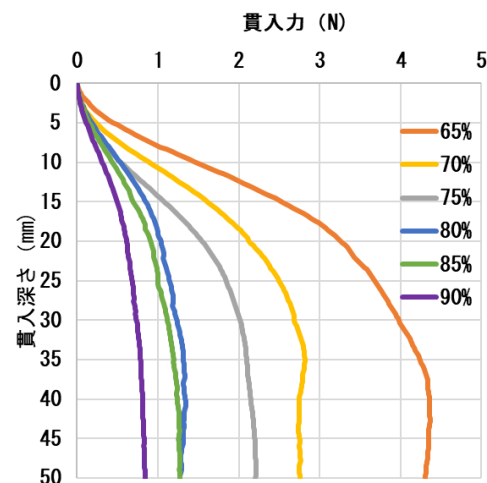


図 2 ボール貫入試験貫入挙動

キーワード 含水比 ボール貫入試験 非排水せん断強度

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104

入試験では滑らかな曲線になっているのに対し、針貫入試験では貫入過程で微小の変動が見られる。またこの変動は含水比が高くなるにつれ顕著に出ており、含水比 85%以降の挙動に着目すると、針貫入試験ではデータに凹凸が多くみられる。以上のことから、ボール貫入試験は精度が高い試験であり、かつ軟弱な地盤の測定に適していることが考えられる。

表 2 に各試料の針貫入試験及びボール貫入試験の変動係数一覧を示す。この変動係数は、それぞれの含水比ごとに算出した結果の平均としている。この結果から、ボール貫入試験の変動係数が針貫入試験の変動係数より小さい傾向が確認できる。このことからボール貫入試験の精度が高いことが明らかになった。

図 3 にテーブルフロー試験結果を示す。全ての試料で液性指数が大きくなるにつれ、フロー値は大きくなる傾向が見られる。カオリンとベントナイトは、粘性のある粘土であるためフロー値が小さくなったことが要因として考えられた。図 4、図 5 に非排水せん断強度を用いて算出した結果を示す。非排水せん断強度は式 (1) ～ 式 (4) を用いて算出した²⁾。

$$\text{針貫入試験} \quad C_u = \frac{F}{N_c A + \phi L} \quad (1)$$

$$\text{ボール貫入試験} \quad C_u = \frac{F}{N_B A_B} \quad (2)$$

$$\text{液性限界試験} \quad C_u = \frac{n \gamma_t H_c}{N_s} \quad (3)$$

$$\text{テーブルフロー試験} \quad C_u = \frac{4 n \gamma_t V}{\pi N_s D_f^2} \quad (4)$$

ここで、F:貫入力(kN)、N_c:支持力係数(6)、N_B:ボール係数(10)、A:断面積(m²)、A_B:ボールの最大断面積(m²)、φ:棒周長(m)、L:貫入長さ(m)、n:鉛直加速度増加比、γ_t:湿潤重量 H_c: 限界高さ(m)、N_s: 安定係数 V:フローコーン体積(m³) D_f:フロー値とした。n 値 1.5(テーブルフロー)、50(液性限界)と N_s 値 4.7(テーブルフロー)、6.5(液性限界)を代入した。図 3 より、テーブルフローの値が他の結果と比較すると直線上から少し離れているが、試料や試験に関わらず概ね同じ直線上にプロットされた。また、全ての試料で相関関係が強いことから、液性限界試験やフロー値は貫入抵抗などの物理値の別表記であると指摘できる。

4. まとめ

ボール貫入試験は軟弱な地盤に対しても測定が可能で、精度よく強度推定ができることが分かった。また、いずれの試験においても、含水比と推定された非排水せん断強度の関係は両対数上で同様の線形関係にあることが示された。

<参考文献>

- 1) 地中連続壁工法協会, http://www.renpeki.jp/wall_appli.html
- 2) 村田二郎ら, まだ固まらないコンクリートのレオロジーに関する基礎的研究, 1977年1月

表 2 変動係数一覧

	カオリン	ベントナイト	青粘土
針貫入	0.079	0.148	0.104
ボール貫入	0.036	0.037	0.048

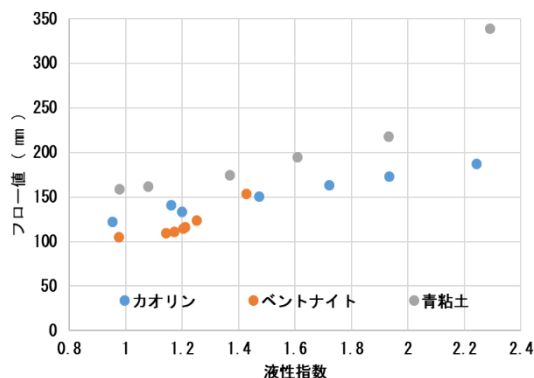


図 3 テーブルフロー試験結果

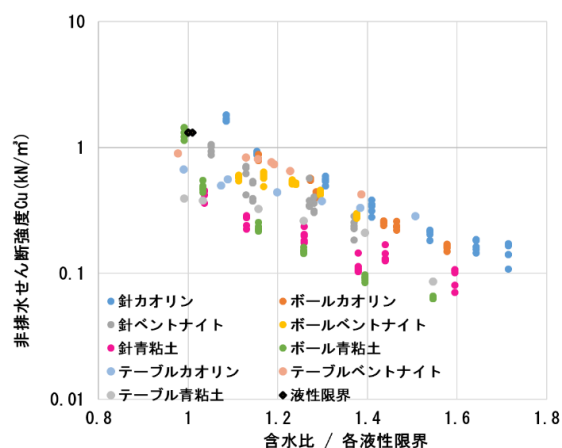


図 4 非排水せん断強度

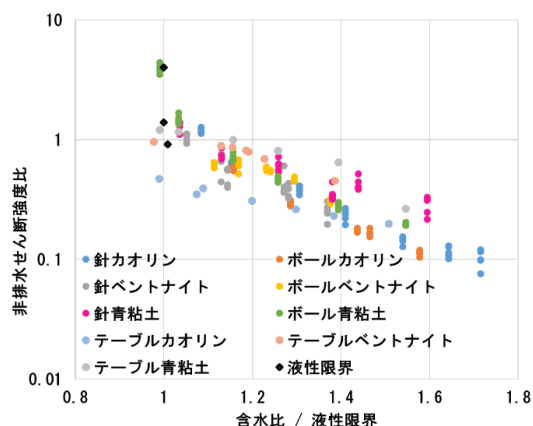


図 5 非排水せん断強度比