

支圧抵抗発揮時のセメント固化処理粘土の強度特性に関する考察

セメント固化処理 補強土 支持力

名城大学 国際会員 小高猛司・崔 瑛
 名城大学大学院 学生会員 ○古山翔悟・石樽宏充

1. はじめに

補強土壁の裏込め土として、現地発生粘性土のセメント改良土の利用が検討されてきている。ただし、セメント改良土は粘着力が卓越した *c* 材として強度評価されることが一般的であるために、裏込め土に ϕ 材使用を前提としている補強盛土の設計になじみにくいのが現状である。著者らは補強土壁の裏込め材にセメント改良土を使用するために、三軸試験を用いて改良土の摩擦特性の評価を試みてきた。

本報では、支圧プレートに有する補強材の使用を前提として、セメント改良土内における補強材の引き抜き抵抗発揮時の支圧抵抗力やその際の崩壊機構の把握を行った。ただし、支圧プレートの土中での引き抜きの代わりに、土槽にプレートを押し込む簡易支持力試験を実施した。具体的には、改良土のモールド内に小型円柱を貫入させた。また、その際得られた支持力と一軸試験²⁾、三軸試験²⁾、一面せん断試験結果から算定した支持力との比較を行うことにより、改良土の摩擦特性の評価も行った。

2. 供試体作製方法および試験方法

試験試料は、含水比 25% に調整した粉末状カオリンに普通ポルトランドセメントにカオリン質量の 4% 程度（地盤改良の実施工での最低添加量 50kg/m^3 に相当）添加したものである。供試体の締固め度はセメント未処理のカオリンを基準として 90% とし、セメント添加分だけカオリンの質量を減少させ、乾燥密度をカオリン単体と同一とした。

簡易支持力試験では直径 15cm、高さ 10cm のモールドを用いて、セメント添加試料を 1 層 2cm の 5 層に分けて突き固めて供試体を作製し、7 日または 28 日間養生させた。支持力試験には写真 1 の試験装置を用い、モールドに入れたままの供試体に直径 3cm の小型円柱を一定速度 0.4mm/min で貫入させた。また、供試体の垂直方向の強度の差異を検討するため、上面から貫入する場合と、供試体の上下を反転させ、下面から貫入する 2 種類の試験を実施した。さらに、供試体を飽和させた状態でも試験を行った。一面せん断試験では、直径 6cm、高さ 2cm に一層で突き固めて供試体を作製し、簡易支持力試験の供試体と同様に 7 日または 28 日間気中養生させた。改良土供試体は比較的硬質であるため、写真 2 に示す高圧一面せん断試験装置を用い、せん断速度を 0.4mm/min で水平変位 6.0mm まで定圧条件で実施した。また、支圧抵抗時の設置面では高圧となるために、せん断時の垂直応力は 1.0, 2.0, 3.0MPa とした。

3. 試験結果

簡易支持力試験における養生 7 日の試験結果を図 1 (a) に、養生 28 日の試験結果を図 1 (b) に示す。総じて上面荷重は下面荷重と比べてばらつきが大きく、かつ、小さめの接地圧となっている（養生 7 日の最終接地圧を除く）。下面荷重における接地圧のばらつきが小さい原因は、下面は供試体作製時の突き固め時に底面であったために、荷重試験時には平滑でありベディングエラーなどが少なかったことが挙げられる。また、下面荷重の方が、総じて接地圧が大きくなっているのは、供試体突き固め時に供試体の下部ほどの締固めエネルギーの蓄積が大きく、強度が大きくなっていることが考えられる。また、飽和供試体は下面荷重しか実施していないが、不飽和供試体の試験結果との差異は見られなかった。養生日数に着目すると養生日数が増加するとともに最大接地圧も荷重曲線の変曲点における接地圧も増加する傾向が見られた。

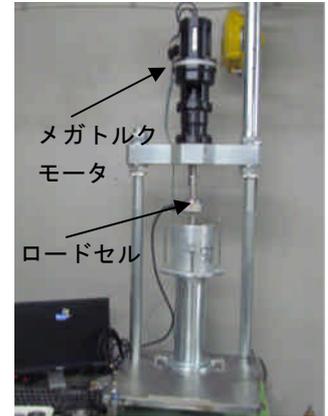


写真 1. 簡易支持力試験装置

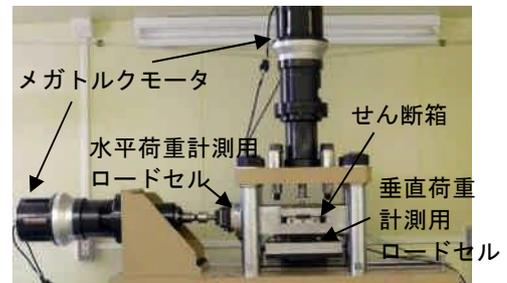


写真 2. 高圧一面せん断試験装置

— 上面荷重 — 下面荷重 — 飽和 下面荷重

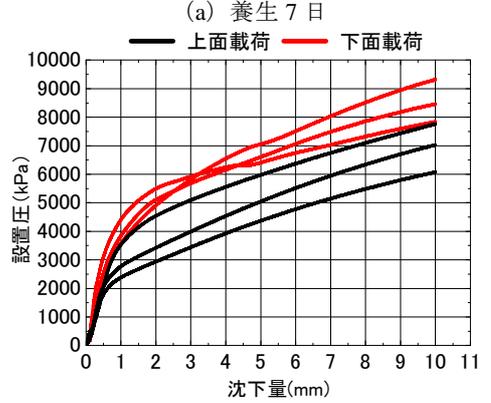
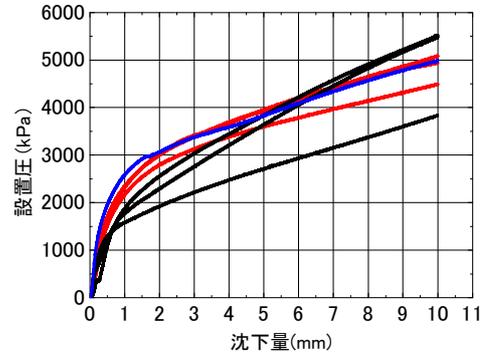


図 1. 簡易支持力試験結果

A consideration of strength characteristics of cement-solidification treated clay during demonstrating bearing resistance

Takeshi Kodaka, Cui Ying, Shogo Furuyama, Hiromitsu Ishigure (Meijo University)

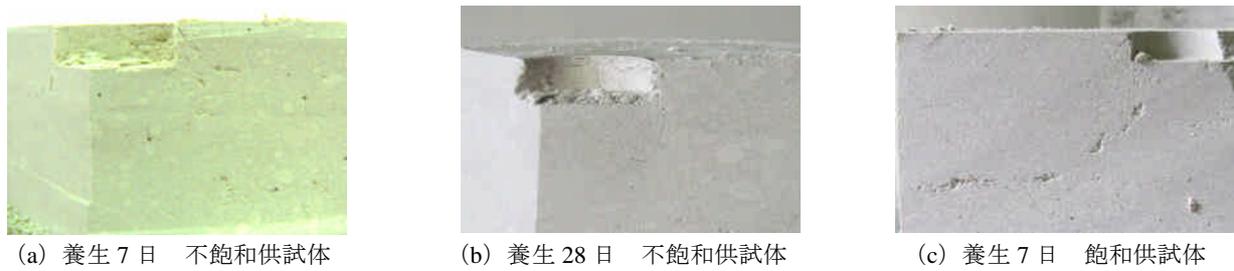


写真3. 試験後供試体断面

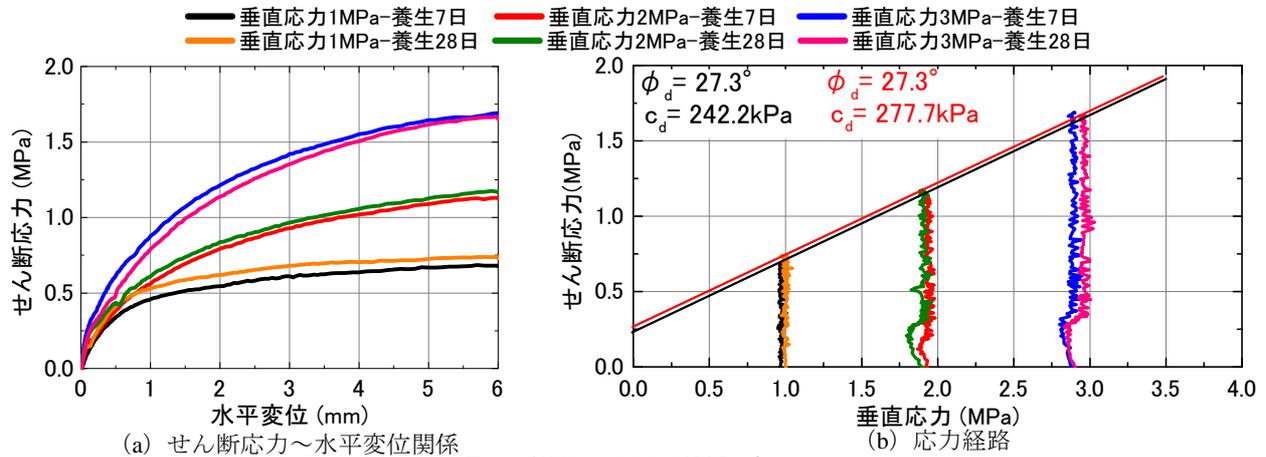


図2. 高圧一面せん断試験結果

表1. 簡易支持力試験における接地圧

| | | |
|-----------|------|------|
| | 最大 | 変曲点 |
| | 養生7日 | 養生7日 |
| 接地圧 [kPa] | 4847 | 2270 |

表2. 要素試験から得た強度定数と支持力

| | CD試験 ピーク強度 | CD試験 残留強度 | 一面 せん断試験 | 一軸 試験 |
|------------|---------------|--------------|-------------|----------|
| c[kPa] | 247.8 | 29.6 | 242.2 | 346.5 |
| ϕ [°] | 19.8 | 37.9 | 27.3 | 0 |
| 支持力[kPa] | 2022 | 1867 | 3226 | 1781 |

写真3は養生7日、28日の不飽和供試体、養生7日の飽和供試体の下面載荷試験を行った供試体中央の断面である。養生7日、28日の不飽和供試体を見ると、貫入させた箇所から複数の小さな亀裂が確認できたが、破壊形態はすべり線を有する全般破壊ではなくパンチング破壊していると考えられる。しかし、飽和供試体では貫入させた箇所からすべり面のような亀裂が発生しており、全般破壊がおきている可能性がある。しかし、すべり面が供試体の側面まで達していたため、すべり面全体を確認することができなかった。

図2に高圧一面せん断試験結果を示す。試験結果を見ると、全般的にせん断強度のレベルが大きいため養生日数による差異は明確に分からなかった。各垂直応力における最終的なせん断応力は概ね直線で表現でき、クーロンの破壊規準に従うことがわかる。

表1は養生7日の供試体の簡易支持力試験における最大接地圧（支持力）と変曲点での接地圧を示しており、表2では養生7日の供試体で実施した各試験から得た内部摩擦角と粘着力を用いて、道路橋示方書の支持力式より算出した支持力である。表2より、同じ不飽和条件でも一面せん断試験と一軸試験の結果を用いて算定した支持力は大きな差がある。これは一面せん断試験では内部摩擦角を評価できるからである。また、表1と2を比較すると、算出された支持力はいずれの試験においても支持力試験結果の最大接地圧よりも小さい値となった。一方、変曲点での接地圧は、算出した支持力と比較的近い値となっている。本試験での最大接地圧を説明するには、比較的大きな粘着力を考慮することも必要であるが、CD試験や一面せん断試験で得られる内部摩擦角（せん断抵抗角）を考慮することも必要である。特に補強材が支圧抵抗を發揮する際には、接地面において比較的高圧条件になることが想定されるため、セメント改良土といえども摩擦材料としての評価が必要になるものと考えられる。

4. まとめ

簡易支持力試験において養生の違い、載荷方向の違いによって結果に差異がみられた。今回は養生7日の供試体を対象に支持力の試算を行ったが、今後は養生日数の大きな供試体も対象とするとともに、他の支持力評価式との比較も行ってゆく。将来的には、改良土の摩擦特性も評価する補強盛土構造物の合理的な設計法を構築する予定である。

参考文献：1) 小高ら：セメント固化処理したカオリン粘土の三軸圧縮特性，第47回地盤工学研究発表会，2012. 2) 古山ら，一軸試験と三軸試験によるセメント固化処理土の力学特性の評価，土木学会中部支部，2013.