

混合後再構成したスラグ混合粘土の圧密非排水三軸圧縮試験例

日建設計シビル ○片桐 雅明, 南野 佑貴

沿岸技術研究センター 春日井 康夫, 重村 洋平

国土交通省九州地方整備局 瀬賀 康浩, 西野 智之, 高嶋 紀子, 貞方 貴宏

東京理科大学理工学部 菊池 喜昭, 柿原 結香, 高田 明旺

ジオデザイン 橋爪 秀夫, 菊池 信夫

1. はじめに

港湾整備事業により発生する浚渫粘土に、製鉄所から産出される製鋼スラグを混合した地盤材料（以下、改質土）が開発され、有効活用するための諸特性が調べられている¹⁾。改質土は固結作用を有することから一軸圧縮試験によってせん断強さを求められているが、低添加率の改質土に対する三軸圧縮試験の結果²⁾も報告されてきた。本文では、村川ら¹⁾が示した混合して固結作用が進んだ状態で練返し再構成した改質土の圧密非排水三軸圧縮試験の結果を、混合してから乱さないで養生した改質土に対する結果²⁾と比較したので報告する。

2. 試料と実験概要

実験に用いた浚渫粘土は、新門司沖土砂処分場周辺の海底から浚渫した高塑性粘土で、その物理特性は、土粒子密度； 2.603 g/cm^3 、液性限界；99.5%，塑性指数；70，砂分含有量；4.9%であった。一方、製鋼スラグは日本製鉄産のものから $5 \times 8 \text{ mm}$ の篩目を通したもので、その物理的特性は、粒子密度； 3.625 g/cm^3 、表乾密度； 3.36 g/cm^3 、吸水率；2.54%，50%粒径；1.70 mm であった。

村川ら¹⁾は、浚渫粘土に改質材を混合してから 6 時間後に練返し再構成しても、再構成しないものと同程度の一軸圧縮強さが得られたこと、24 時間後に再構成したもの（粘土の含水比；150%，添加率；25%，練返し・再構成までの時間；1 日，150-25-1d）は 15 分の 1 程度の 40 kPa しか発揮できなかったことを報告している。そこで、この条件の試料(150-25-1d)に対して圧密非排水三軸圧縮試験を行うことにした。

写真-1 は、150-25-1d の供試体を準備している状況である。改質材を混合してから 24 時間後に、1 cm 角程度に切り刻んだ改質土をモールドに 3 層に分けて投入し、各層ごとに 10 kPa の静的荷重を与えて締め固めた。写真-2 では載荷により土塊がつぶれた状況が確認できる。

圧密非排水三軸圧縮試験の供試体は、同じバッチで準備した改質土から準備した。圧密過程の時間も含め、密封・恒温養生の期間は 26～30 日とし、26、30 日養生での一軸圧縮試験も JIS 規格にしたがって行った。三軸圧縮試験では、2t 法によって圧密過程を打ち切り、軸圧縮時のひずみ速度は、0.05%/分とした。

3. 実験結果と評価

図-1 は、三軸圧縮試験の供試体と同じバッチで作製し、同様に養生した供試体の一軸圧縮強さの経時変化である。図中には、村川らが示した実験結果¹⁾ならびに低添加率の改質土の結果²⁾も併せて示してある。今回の結果は、村川らの添加率ならびに作製条件(締め固め荷重等)、養生方法とも同じ条件としたが、一軸圧縮強さは 5 倍程度と異なった。この理由には、改質材の特性の違い、特に細粒分量が多かったことが挙げられる。なお、練返し・再構成しない低添加率の改質土の一軸圧縮強さの平均値は、それぞれ、88 と 130 kPa であった。



写真-1 再構成状況 写真-2 改質土の状況

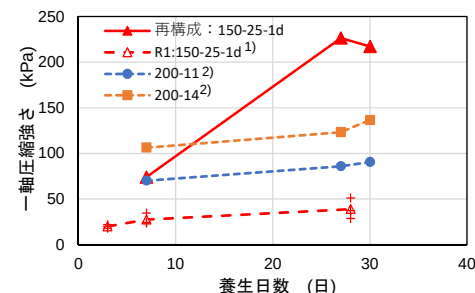


図-1 再構成試料の一軸圧縮強さの経時変化

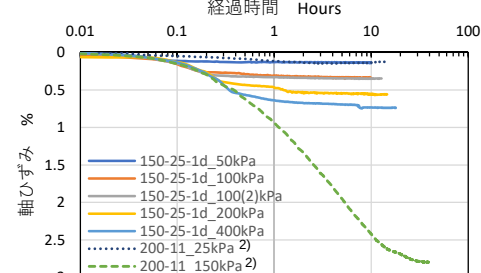


図-2 再構成試料(150-25-1d)の圧密挙動

キーワード スラグ混合粘土、圧密非排水三軸圧縮試験、再構成試料、一軸圧縮強さ、有効活用

連絡先 〒102-0004 東京都文京区後楽 1-4-27 日建設計シビル TEL 03-5226-3070

図-2 は、26～30 日養生した 150-25-1d 供試体に対する圧密過程の挙動である。200-11 の 25, 150 kPa の圧密挙動も図中に示す。加えたセル圧に応じて圧密沈下量は大きくなるが、最大の 400 kPa の場合でも 0.8%程度であり、200-11 の 150 kPa のような変化挙動にはならず、過圧密状態にあるものとみなした。

図-3 は、非排水圧縮過程の軸ひずみと軸差応力の関係である。同図には、200-14 に対する有効セル圧 50, 300 kPa の結果も併せて示してある。有効セル圧が 200 kPa までは、最大軸差応力の差異は大きくないこと、軸ひずみ-軸差応力の関係はほぼ同じ挙動、すなわち、軸ひずみ 2%程度までで軸差応力は最大値に到達し、その後はほぼ一定の軸差応力を示すことが確認できた。200-14 の結果も有効セル圧に応じて軸差応力は高まり、150-25-1d の 200 kPa までの挙動と同様と判断できる。

写真-3(a), 3(b)に、150-25-1d の有効セル圧 50, 300 kPa の試験後の供試体の状況を示す。ある程度固結作用が進んだものを 1 cm 角程度の土塊にしたものを詰め込んだために供試体表面には空洞が見られている。また、供試体は上側の部分で膨らみ、明瞭なすべり面は確認できないが、土塊状のものも認められた。

図-4 に、有効セル圧と最大軸差応力/2 の値の関係を示す。有効セル圧がゼロの位置には、一軸圧縮強さ/2 の値をプロットしてある。同図には、低添加率の改質土の結果²⁾も併せて示している。有効セル圧が高くなるにつれて、最大軸差応力が増加していることがわかる。なお、200-14 の有効セル圧 200 kPa の結果は、圧密が十分終了していない可能性があること²⁾から、"?"をつけ、特性を考察する際には用いないこととした。

図-5 は、有効セル圧と最大軸差応力の関係を 26～30 日養生した改質土の一軸圧縮強さの平均値で正規化した関係である。同図には、練返し・再構成していない 200-11, 200-14 の結果²⁾も併せて示してある。正規化した有効セル圧が 1 程度までは、全ケースが重なっていることが確認でき、その傾きは 0.4 程度であった。それよりも高くなると、傾きが高くなる方向に変化するものと思われ、1.4 程度になった結果も 2 条件で得られた。

4. まとめ

改質材を混合してから 1 日静置した改質土を軽く練返し、再構成した改質土に対して、圧密非排水三軸圧縮試験を行った。その結果、ある程度固結作用が進んだ改質土を練返し・再構成しても、有効セル圧に依存して非排水圧縮強さは増加したこと、その増加率は有効セル圧の大きさに依存する傾向を示したことが確認できた。

練返し・再構成した改質土を用いた意図は、浚渫粘土に改質材を混合した後、直ちに投入できない場合が施工上想定されるため、施工工程の違いが改質土の特性に及ぼす影響を把握することが目的であった。なお、今回得られた結果は 3 種類の改質土に対するもので、今後もさらに多くのデータを収集していく予定である。

謝辞： 改質材をご提供いただいた日本製鉄 赤司有三氏に謝意を表します。

参考文献 1) たとえば、村川史朗ら：再構成したスラグ混合粘土の一軸圧縮強さに及ぼす練返しまでの時間の影響，第 55 回地盤工学研究発表会，No.22-2-5，2020. 2) 片桐雅明ら：低添加のスラグ混合粘土の圧密非排水三軸圧縮試験例，第 56 回地盤工学研究発表会，(投稿中)

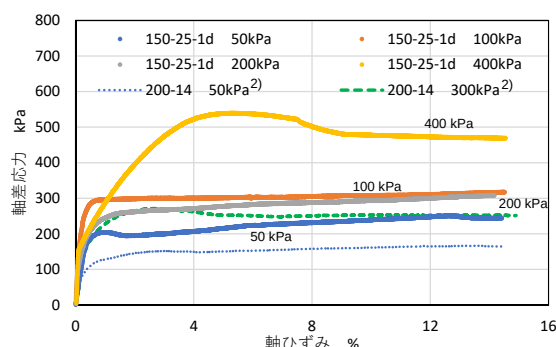
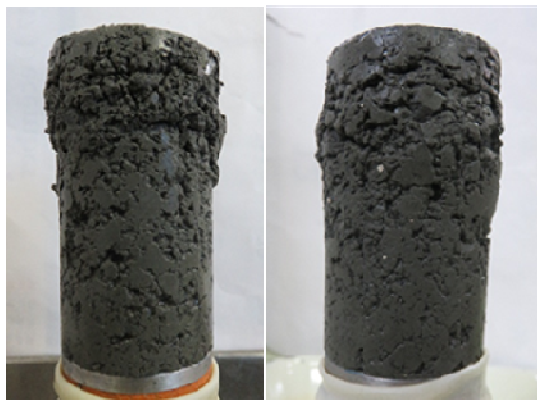


図-3 再構成試料(150-35-1d)の非排水圧縮挙動



(a) 50 kPa (b) 300 kPa
写真-3 非排水圧縮後の再構成供試体の状況

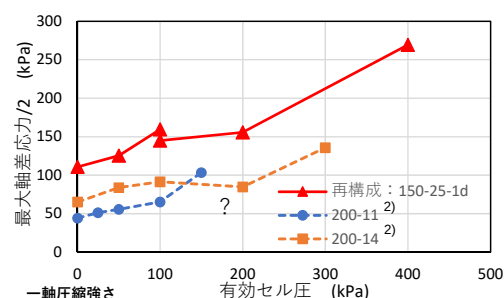


図-4 再構成試料(150-25-1d)の破壊基準線

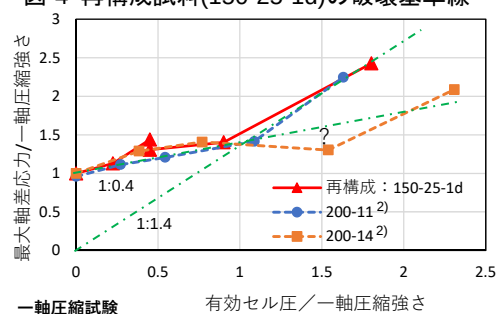


図-5 改質土の正規化した破壊基準線