

名古屋大学 正会員 ○酒井崇之
 名古屋大学 フェロー会員 中野正樹
 関西電力株式会社 非会員 廣田康起

1. はじめに

近年では、地盤内での内部侵食に起因する地盤被害が様々な場所で発生している。中でも越流が起こることなく破堤する現象、いわゆる「越流なき破堤」においては、破壊メカニズムに未だ不明確な点が多く、裏法尻付近からの細粒分抜け出しも堤体強度劣化の一要因に挙げられている。そこで本研究では、供試体試料の一部を水溶性の化学肥料に置き換えることで、細粒分流出による内部浸食を模擬した供試体を作製し、三軸圧縮試験を実施した。そして、細粒分流出が土の力学挙動に与える影響について調べ、また肥料置換えをしない細粒分流出模擬供試体の力学挙動との比較も行った。

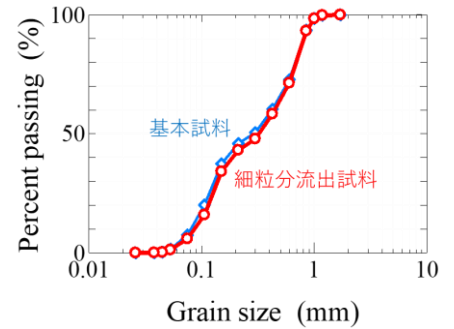


図-1 粒径加積曲線

2. 実験試料と細粒分模擬の方法

図-1 に実験で用いた試料の粒径加積曲線を示す。細粒分が抜け出しやすい土の特徴に留意¹⁾し、東北珪砂を混合したものを基本試料とした。本稿では、106 μm 以下の粒子を細粒分として乾燥質量の5%を取り除いた試料を細粒分流出試料と呼ぶ。そして、細粒分流出試料作製の際に取り除いた土粒子と同体積の尿素肥料(粒径106 μm 以下)を混入したものを肥料混入試料と呼ぶ。そしてこれらの試料を用い、空中堆積法で相対密度80%になるよう供試体を作製した。図-2 に肥料溶解による細粒分流出のイメージを示す。乾燥状態で作製した供試体に十分に通水し、供試体内の化学肥料が溶け出すことで、細粒分流出を模擬した。通水後の供試体に対し有効拘束圧98.1kPaで等方圧密し、三軸試験を実施した。

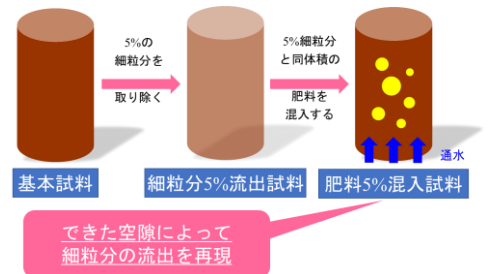


図-2 肥料溶解による流出のイメージ

3. 実験結果

図-3 は非排水三軸圧縮試験結果、図-4 は排水三軸圧縮試験結果をそれぞれ示す。基本試料については、相対密度が80%であり、密であるため非排水せん断においては、塑性膨張を伴う硬化挙動を顕著に示し、排水せん断においては、応力ひずみ関係において明確なピークを示しピーク後に大きく膨張した。一方、肥料混入試料は、肥料が溶け相対密度が約60%に低下したため、基本試料よりも強度が低下した。

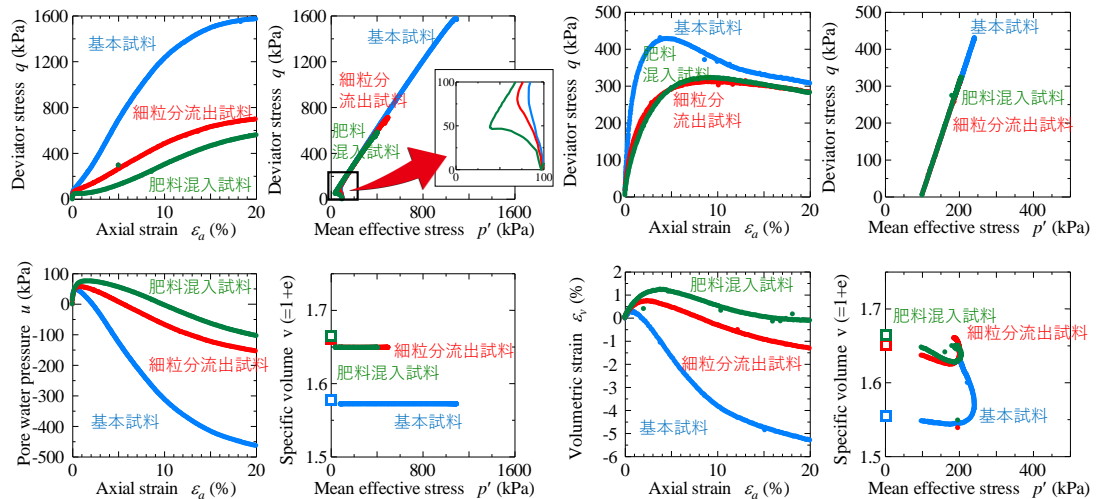


図-3 非排水単調せん断試験結果

図-4 排水単調せん断試験結果

肥料混入試料と同じ相対密度になるように、細粒分流出試料で供試体を作製したケースの結果と、肥料混入砂質土、細粒分流出、三軸試験

試料の結果を比較する。肥料混入試料は、非排水せん断においてせん断初期における平均有効応力の減少（正の過剰間隙水圧の上昇）、つまり塑性圧縮の程度が大きい。また、排水せん断においては、初期の剛性が若干細粒分流出試料の方が大きく、正の体積ひずみの値が肥料混入試料の方が、細粒分流出試料よりも大きくなった。

また、最終的に発生する負の過剰間隙水圧や、負の体積ひずみは肥料混入試料の方が小さい。

図-5、図-6に細粒分流出試料と肥料混入試料の非排水繰返しせん断結果を示す。図内には振幅の大きさも示した。振幅が大きくなると液状化しやすくなり、液状化後に徐々にひずみが伸展していくことは両者ともに確認された。ただし、同じ振幅においては、肥料混入試料の方が液状化しやすく、液状化後のひずみの進展の程度も大きい。これは、1回目の繰返しにおいて(図中の黒○)、肥料混入試料の方が、平均有効応力がより大きく低下するため、剛性が低下しやすく、せん断抵抗も低下したことが原因であると考えられる。

図-7に液状化強度曲線を示す。相対密度が80%の基本試料に対しても非排水繰返しせん断を実施したので、その結果も併せて示す。肥料混入試料は、基本試料と比較して液状化強度曲線が低い位置にある。これは、細粒分が流出したことにより密度が低下したことが原因である。肥料混入試料と細粒分流出試料の比較を行うと、両者はほとんど同じ位置に曲線が存在した。ただし、肥料混入試料の方が細粒分流出試料よりも液状化強度曲線の傾きが大きい。つまり細粒分流出試料の方が、応力の振幅の変化が軸ひずみの両振幅に与える影響が大きいことを示している。

4. おわりに

本研究では化学肥料を用いて、細粒分流出を模擬した供試体に対し、三軸試験を実施し、細粒分流出の影響を調べた。その結果、5%の流出であっても相対密度が80%から60%に落ちるため、単調せん断試験における最大軸差応力が小さくなり、液状化強度曲線が下に移動した。また、細粒分流出を模擬した細粒分流出試料と肥料混入試料において、初期相対密度は同じにも拘わらず、特にせん断初期のダイレイタンシー特性が異なった。肥料混入試料の方が初期の剛性が小さく、せん断初期に正の過剰間隙水圧あるいは正の体積ひずみが大きくなっていることから、より等方的になっていることが予想される。今後は、この点に着目して両者の違いを調べていく。

参考文献 1) 近藤明彦, 山田高弘, 前田健一: 内部侵食および目詰まりに及ぼす間隙構造の影響, 第24回中部地盤工学シンポジウム, pp.71-78, 2012. 2) 大前憲盛, 中野正樹, 野田利弘, 山田正太郎, 酒井崇之: 水溶性化学肥料を用いた内部侵食の模擬実験, 第54回地盤工学研究発表会, pp. 313-314, 2019. 3) 廣田康起, 中野正樹, 酒井崇之: 細粒分流出量の違いが砂質土の単調・繰返しせん断挙動に及ぼす影響, 第32回中部地盤工学シンポジウム, pp.47-52, 2020.

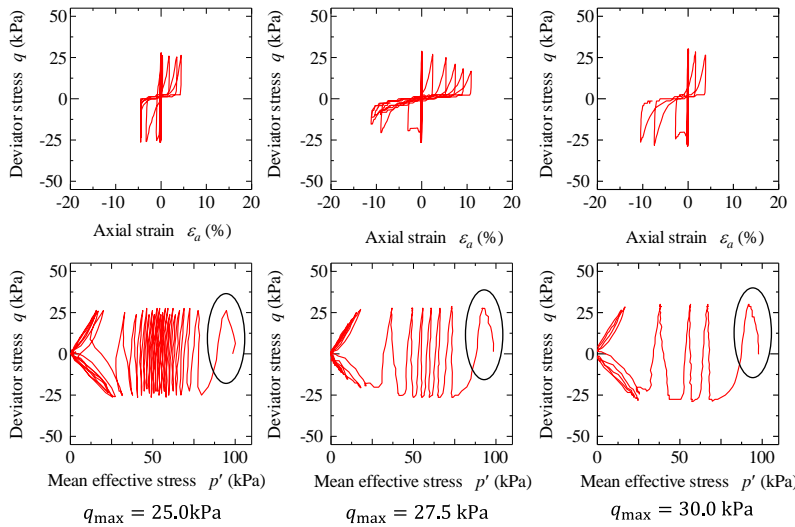


図-5 細粒分流出試料の非排水繰返しせん断試験結果

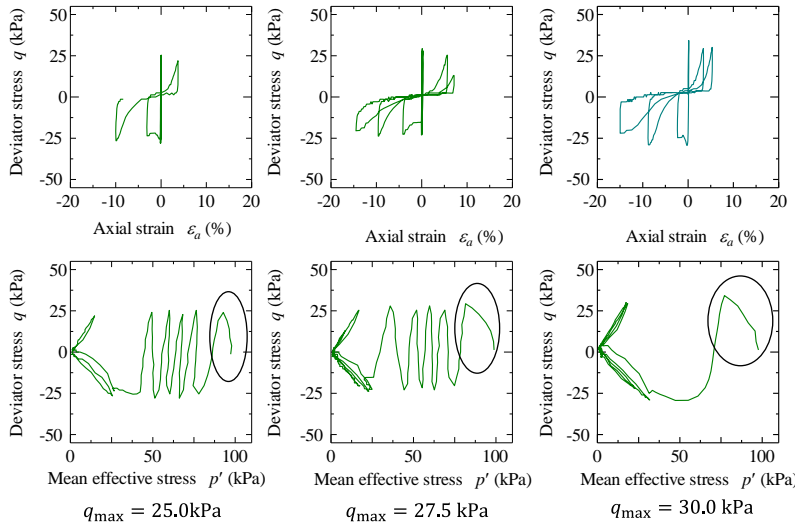


図-6 肥料混入試料の非排水繰返しせん断試験結果

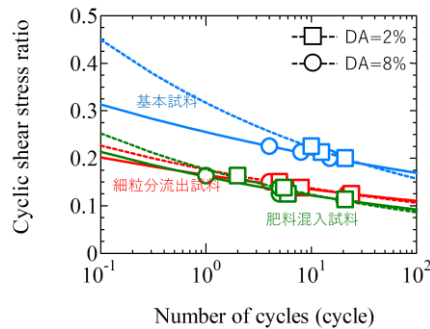


図-7 液状化強度曲線の比較