

セメント添加による模擬自然堆積粘土の作成とその力学挙動の把握

九州大学大学院 学〇狩屋 敏行 F 落合 英俊 正 安福 規之 正 山田 正太郎

1.はじめに

不攪乱状態にある自然堆積粘土は、それを室内で攪乱し再構成した粘土にはない力学的性質を有している。そのため、研究を行う上で自然堆積地盤を想定した模型実験や、自然堆積粘土の詳細な力学的性質を解明するために不攪乱試料の入手が望まれている。一方で、大量かつデータの再現性が得られるほど十分に、同じ状態にある試料を入手することは一般に難しい。そこで本研究では、カオリンにセメント添加するという方法で模擬自然堆積粘土の作成を試みた。セメント添加による模擬は、品質が保証された試料を安定的かつ大量に入手できる点で有益である。

2.自然堆積粘土の力学的性質

はじめに、自然堆積粘土の力学的性質について以下に示す。図-1 は蓮池層より採取した有明粘土の一次元圧縮挙動であり、図-2 は、中野ら¹⁾による大阪湾洪積粘土(Ma12層)の不攪乱試料の非排水せん断試験結果である。

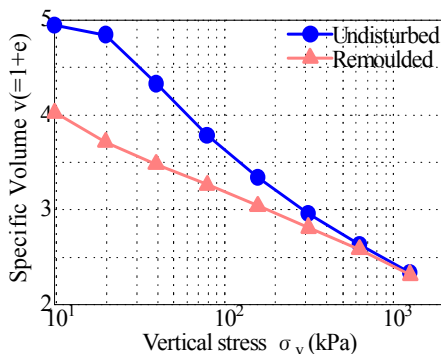


図-1 自然堆積粘土の一次元圧縮挙動

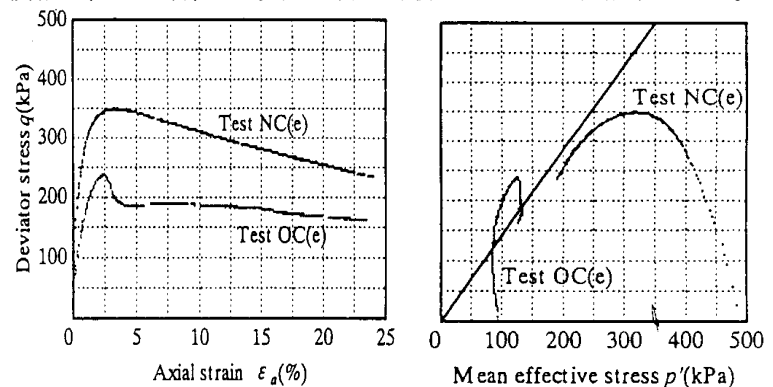
図-2 自然堆積粘土の非排水せん断挙動（中野ら¹⁾）

図-1 より、同じ応力状態で不攪乱試料は練り返し粘土に比べ大きな間隙を有していると言える。しかし、荷重を加えていくとその差は徐々に無くなり、圧縮に伴い次第に練り返し粘土化する。図-2 より、正規圧密粘土(TestNC(e))では限界状態線の下側でピークを示した後、徐々に軟化する点が、過圧密粘土(TestOC(e))では一旦限界状態線を越えて硬化した後、限界状態線の下側で軟化する、いわゆる「巻き返し」挙動を示す点が特徴として挙げられる。また、両者とも最終的に図中に描かれた練り返し粘土の限界状態線へ漸近していくことも特徴として挙げられる。

3.模擬自然粘土の力学的性質**3-1.供試体の作成方法**

カオリンに所定の含水比となるように水を加え、ミキサーで約5分間攪拌する。その後、水セメント比1のスラリー状セメントを、所定のセメント添加率(カオリンとセメントの質量比で定義、C)となるように粘土試料と混合し、ミキサーで約10分間攪拌する。さらに、試料をモールドに流し込み、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ で7日間養生する。なお、ここではモールドから単に取り出した試料を不攪乱試料とし、さらにそれを手でよく乱した試料を攪乱試料とする。

3-2.攪乱試料の一次元圧縮挙動および非排水せん断挙動

図-3,4 に攪乱試料の一次元圧縮挙動および非排水せん断挙動を示す。一旦セメントを添加すると、いくら乱してもセメント添加する前と同じ状態には戻らないことが分かる。図-3 より、作成時の含水比に応じて一次元圧縮線の傾きが変わることが分かるが、いずれの一次元圧縮線も比較的直線的な挙動を示すという点では、練り返し粘土の資格を有していると言える。非排水せん断挙動(図-4)より、限界状態線は原点を通る形で与えられることや、その有効応力経路からも練り返し粘土の資格を有していると言える。また、 $w=126.5\%$ 、 $C=3\%$ の配合土にとっての限界状態線の傾きMは、 $M=1.7$ となり、無配合土の限界状態線($M=1.2$)とは異なっている。

キーワード セメント添加、模擬自然粘土、一次元圧縮挙動、非排水せん断挙動

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 工学部4号館(水工) 4階地盤工学研究室 092-642-3286

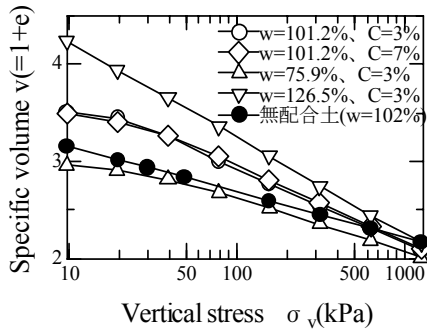


図-3 攪乱試料の一次元圧縮挙動

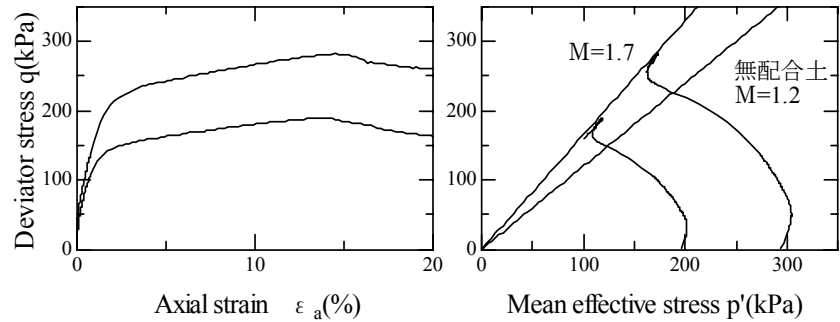


図-4 攪乱試料の非排水せん断挙動(w=126.5%、C=3%)

3.3.不攪乱試料の一次元圧縮挙動および非排水せん断挙動

図-5 より、不攪乱試料は攪乱試料の一次元圧縮線の上側に状態をとることができ、大きな応力をかけると配合土の攪乱試料の一次元圧縮線に漸近するという点で一次元圧縮挙動は図-1 に類似している。また、図-6 より、限界状態線の傾きを $M=1.8$ とすれば、正規圧密状態では配合土の限界状態線の下側でピークを示した後軟化しており、自然堆積粘土の非排水せん断挙動を模擬出来ていると言えるが、このときの M の値は配合土の値 ($M=1.7$) にほぼ等しい。しかし、過圧密状態では、有効応力経路が全応力経路の影響を受けており、「巻き返し」挙動が見られない。また、先に自然堆積粘土が最終的に練り返し粘土化する点について触れたが、この観点からすると、配合土についての練り返し状態は無配合土とするのではなく配合土の攪乱試料とするのが妥当であると考えられる。

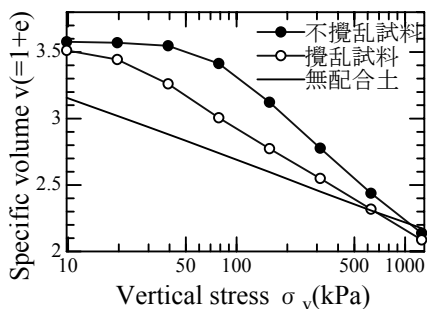


図-5 一次元圧縮挙動(w=101.2%、C=3%)

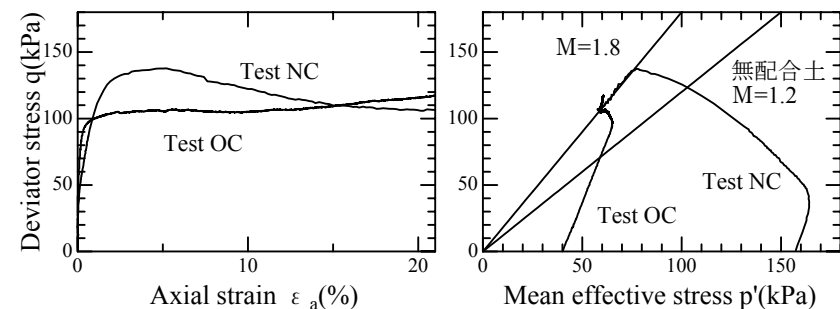
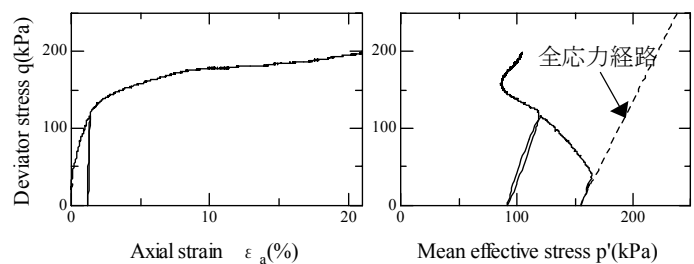


図-6 不攪乱試料の非排水せん断挙動(w=126.5%、C=3%)

3.4.せん断初期の挙動の確認

3.3.で示した正規圧密土のせん断初期や過圧密土にみられる有効応力経路は不飽和土によく見られる挙動であるため、脱気水を用い、水中養生することで飽和度を高めた供試体に対して非排水せん断試験を行った。結果を図-7 に示す。図より飽和度を高めても、せん断初期に全応力経路の影響を受けている。また、せん断途中に除荷の履歴を与えた際の挙動からも同様の傾向が確認できる。これらのことより、このような挙動をするのは、飽和度による影響ではなく、配合土の自身が有する力学特性であると考えられる。

図-7 水中養生供試体の非排水せん断挙動
(w=75.9%、C=3%)

4.まとめ

1) 配合土の攪乱試料は、限界状態線の傾きや一次元圧縮線の傾きは無配合土とは異なるが、その力学挙動は無配合土の攪乱試料と同様の傾向を示す。2) 配合土の一次元圧縮挙動および正規圧密状態での非排水せん断挙動は、配合土の攪乱試料を基準にすることで、自然堆積粘土の力学挙動を模擬出来ていると言える。3) 過圧密状態での挙動の再現には至らなかったが、これは、特にせん断初期において、全応力経路の影響を受けるという配合土の特性に起因するためであると考えられる。

参考文献) 中野正樹ら(2000)：「砂と粘土の違い」に関する構造・過圧密の劣化過程から見た一考察，第35回地盤工学研究発表会概要集，pp.573-574