

模擬自然堆積粘土の作成とその力学特性の把握

九州大学工学部 学○狩屋 敏行

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 大嶺 聖 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、それを室内で練り返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を望むことは少なくない。しかし、一方で大量かつデータの再現性を得ることができるといふほど十分に、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、また不攪乱試料特有の力学的性質を自らコントロールできる点で有益である。

2.自然堆積粘土の力学的挙動

はじめに典型的な自然堆積粘土の一次元圧縮挙動、および非排水せん断挙動の諸特徴について示す。図-1は蓮池層より採取した有明粘土の不攪乱試料と攪乱試料の一次元圧縮挙動であり、図-2は中野ら¹⁾によって行われた、大阪湾洪積粘土(Ma12層)の非排水三軸試験結果である。

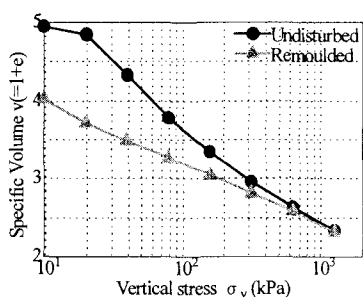


図-1 自然堆積粘土の一次元圧縮挙動

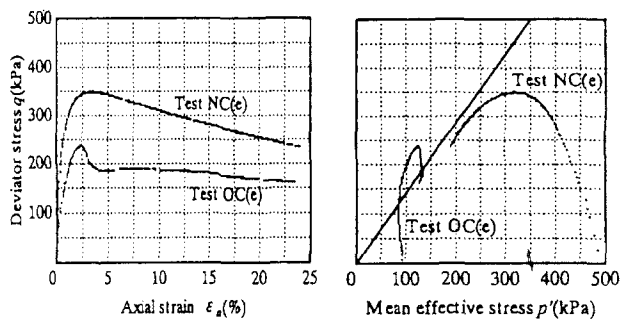


図-2 自然堆積粘土の非排水せん断挙動

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ことが分かる。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と言える。また図-2より、非排水せん断挙動の特徴として、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といういわゆる「巻き返し」挙動を示す点が挙げられる。さらに、図中の直線は練り返し粘土の限界状態線であるが、両者とも最終的に限界状態線へ漸近していることも特徴として挙げられる。

3.模擬自然堆積粘土の力学的挙動

(1)供試体の作成方法

カオリンに所定の含水比に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のスラリー状のセメントを、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)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。以上の要領で作成した試料をモールドに流し込み、 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ で一定期間養生する。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する。

(2)不攪乱試料の力学挙動

図-3に不攪乱試料とそれを練り返した試料についての一次元圧縮挙動を、図-4に不攪乱試料の非排水せん断挙動を示す。供試体の作成時の含水比は101.2%、セメント添加率は3%である。なお、各供試体の養生期間は、圧密試験で用いた供試体は7日、非排水せん断試験ではTestOCが10日、TestNCが12日である。

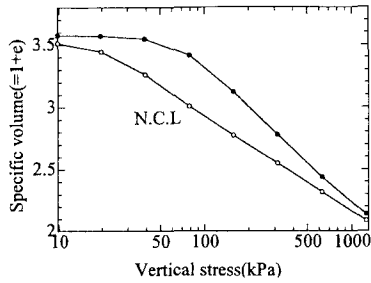


図-3 模擬自然堆積粘土の一次元圧縮挙動

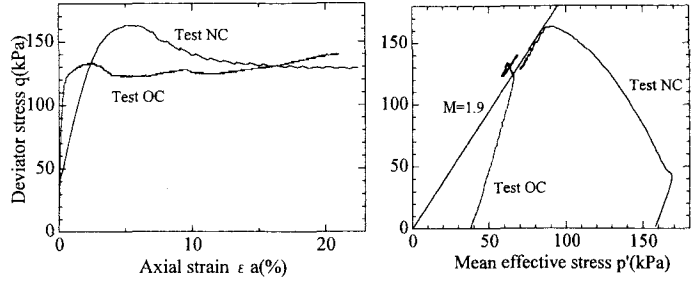


図-4 模擬自然堆積粘土の非排水せん断挙動

図-3 より、不攪乱試料は練り返し粘土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 N.C.L に漸近するという点で一次元圧縮挙動は図-1 に類似していると言える。また図-4 より、限界状態線が原点を通りかつ図中に示す傾き ($M=1.9$) で表されると仮定すると、正規圧密状態では限界状態線の下側でピークを示した後徐々に軟化していくという自然堆積粘土に類似する挙動が確認できる。しかし一方で、過圧密状態では、「巻き返し」挙動を示していない。

(3) 練り返し試料の力学挙動

図-5 は種々の含水比、セメント添加率で作成した試料を、裏ごしすることにより練り返し状態とした供試体に対して圧密試験を行った結果である。なお、●はセメント添加を行っていないカオリンの一次元圧縮挙動である。図より、一旦セメントを添加すると、いくら練り返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、また作成時の含水比に応じて一次元圧縮線の傾きが変化することが分かる。しかしながら、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、練り返し粘土としての資格を有していると言える。また、作成時の含水比が同じ供試体と比較するとグラフはほぼ一致しているため、作成時の含水比を揃えれば同じ練り返し正規圧密粘土になると考えられる。図-6 は 3.(2) の Test OC と同じ作成条件の供試体を約 500kPa の拘束圧で圧密してから非排水せん断を行った結果であるが、ピーク応力に達した後の軟化が見られず、練り返し粘土的な挙動を示している。限界状態線の傾きは $M=1.9$ となり、セメントを配合しないカオリンの C.S.L とは異なるが、図-4

において仮定して引いた限界状態線とは一致している。一次元圧縮より得られた結果と合わせて考えると、セメント配合により作成した模擬自然堆積粘土にとっての練り返し状態は、無配合の粘土とするのではなく、配合土を練り返した試料を練り返し状態とすることが妥当であると言える。

4. まとめ

セメント添加することで作成した模擬自然堆積粘土の諸特徴を以下にまとめる。

- (1) 不攪乱試料の一次元圧縮挙動の特徴を表現することが出来た。
- (2) 不攪乱試料の非排水せん断時の挙動は、正規圧密状態では模擬することが出来るが、過圧密状態ではその特徴を捉えることが出来なかった。
- (3) セメント配合により作成した模擬自然堆積粘土にとっての練り返し状態は、無配合の粘土とするのではなく、配合土を練り返した試料を練り返し状態とすることが妥当であることが分かった。

【参考文献】 1) 中野ら：砂の過圧密比と粘土の過圧密比、過圧密土および過圧密地盤の力学に関するシンポジウム pp.129-136.2000.

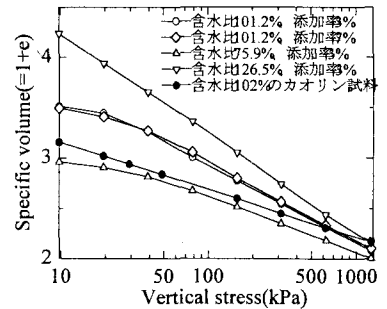


図-5 練り返した模擬自然堆積粘土の一次元圧縮挙動

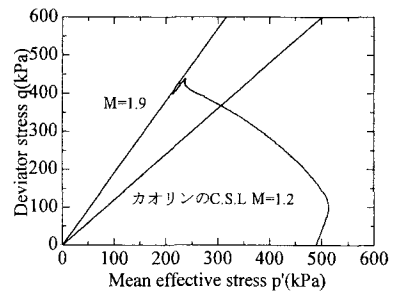


図-6 高拘束圧下における模擬自然堆積粘土の非排水せん断挙動