

ベントナイト粒子の膨潤度合いが不飽和力学特性に及ぼす影響

名城大学
名城大学

学生会員 ○竹内啓介
正会員 小高猛司・崔 瑛

1. はじめに

ベントナイトはその類い希なる膨潤特性から、放射性廃棄物処分の緩衝材として用いることが想定されている。放射性廃棄物の地層処分において、ベントナイト緩衝材は 100 年程度で不飽和状態から飽和状態へと徐々に遷移するため、飽和度に応じた力学特性を把握しておく必要がある。ただし、ベントナイトの膨潤は拘束条件によっても変化するため、同じ飽和度であっても土粒子に取り込まれている水分量が異なる場合も考えられ、その場合には力学特性も異なることが想定される。本報では、膨潤度合いを変えたベントナイトを用いて作製したベントナイト・珪砂混合体供試体の非排気・非排水三軸試験を実施し、力学特性への影響を検討した。

2. 試験方法

試験試料は、粉末ベントナイト（クニゲル V1、初期含水比 5.8%）に三河珪砂 6 号を乾燥質量比 30% で混合したものを用いた。今回の試験で用いる Na 型ベントナイトの主成分であるモンモリロナイトは、結晶層が積み重なった層状の構造を持っており、膨潤する際には周囲の水分子を層の間に存在する陽イオンが吸収し、層と層の間が広がることによって膨潤するといったメカニズムを持っている。図 1 にベントナイト膨潤のイメージを示す。このように、吸水によって膨潤する特性を有しているが、その度合いは拘束条件によっても異なり、同じ飽和度の供試体であってもベントナイト粒子の膨潤度合いが異なるために、間隙の水分量も異なる場合が想定される。その

ため本報では、無拘束状態でベントナイトが膨潤する時間を変えることによって、膨潤程度が異なる試料で作製した供試体を用いて、それらの力学特性の比較を行った。

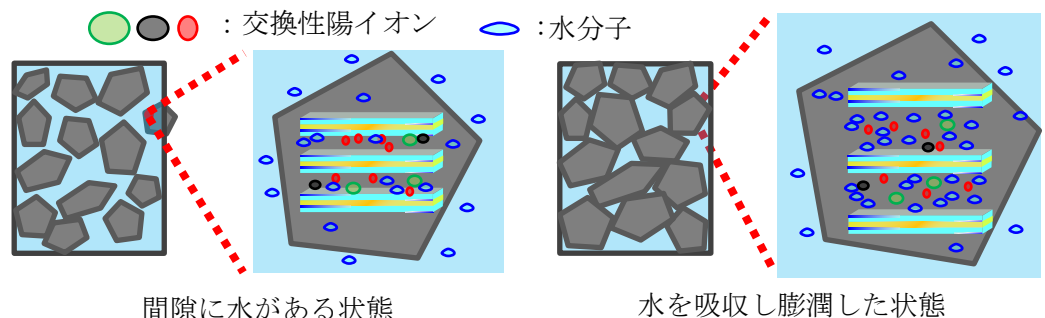


図 1 ベントナイトの膨潤メカニズムのイメージ

具体的な実験手順は以下の通りである。バットにベントナイトと珪砂の混合試料を詰め、所定の含水比となるように混合試料に霧吹きによる加水で含水調整を行い、その後、調整試料をラップで包み、布を被せて遮光して恒温槽で保存した。この無拘束条件での保存期間にベントナイトが保存時間に応じて膨潤するものとした。その後、試料を油圧ジャッキで圧縮成型し、乾燥密度 1.60 Mg/m^3 、供試体寸法直径 35mm、高さ 70mm のベントナイト・珪砂混合体の供試体を作製した。供試体は図 2 に示す二重セル構造の三軸試験装置を用いて、拘束圧 0.1MPa を載荷した上で、載荷速度 $0.1\%/\text{min}$ で軸ひずみ 15% まで非排気非排水条件でせん断を行った。今回用いた二重セル構造の三軸試験機は二重セル内のわずかな水の流入量を計測することによって不飽和供試体の体積変化を測定することが可能となっている。なお、以降の試験結果においては、含水調整した直後に供試体を圧縮成型をしたものを 0 時間供試体と呼んでいる。

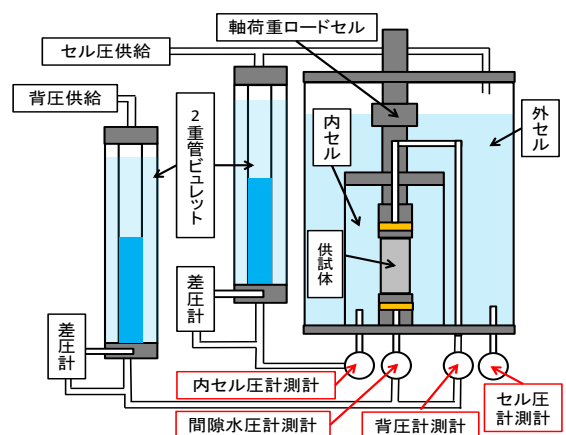


図 2 二重セル構造の三軸試験機

3. 試験結果

図3に過去に当研究室で行った自然含水状態から疑似飽和状態までのベントナイト・珪砂混合体の三軸試験結果を示す。飽和度 $Sr=29\%$ の自然含水状態と $Sr=91\%$ の疑似飽和状態の軸差応力～軸ひずみ関係では飽和度による最大軸差応力の差が 3.0MPa 以上出ており、また軸ひずみ～体積ひずみ関係より飽和度によってダイレイタンスー特性が大きく変化することがわかる。これらの試験結果から飽和度によって力学特性が大きく変化することが示されている。

図4に飽和度 85, 90 および 95% の試験結果を示す。飽和度 85% の軸差応力～軸ひずみ関係において、保存時間をおいたものよりも保存時間を置かなかったものが高い軸差応力を示している。体積ひずみ～軸ひずみ関係においては、保存時間 6h のみ若干低い値を示しているが、全体の傾向としては軸ひずみ 6% 付近から体積ひずみが減少することは類似している。飽和度 90% では、保存時間を置いたものの方が高い軸差応力を示している。体積ひずみ～軸ひずみ関係においては保存時間が短い場合に、圧縮傾向がみられるが、ばらつきが大きく明確な考察は難しい。飽和度 95% では、軸差応力には大きな差が見られず、体積ひずみも他のケースから比べると有意な差があるとは言えない。

全体を通して、試験後の供試体で計測した飽和度毎に試験結果を整理したが、それらの結果から保存時間による明確な力学特性の違いを観察することはできなかった。ただし、今回の試験では、いずれの飽和度においてもばらつきが大きく、有意な差の判断の見極めが難しかったこと。今後はより精度の高い試験を進め、合理的な判断を目指す。

4. まとめ

本報ではベントナイト粒子の膨潤度合が、不飽和状態におけるベントナイト・珪砂混合体の力学特性に及ぼす影響を検討するため、無拘束条件下におけるベントナイトの膨潤時間を変えた試料で作製した供試体を用いて非排気非排水試験を実施した。その結果、本報の試験では膨潤度合による力学特性の明確な差異を把握することはできなかった。今後はより試験精度を高めるとともに、地層処分場を想定した高压条件下あるいは高温条件下においての試験も実施する予定である。

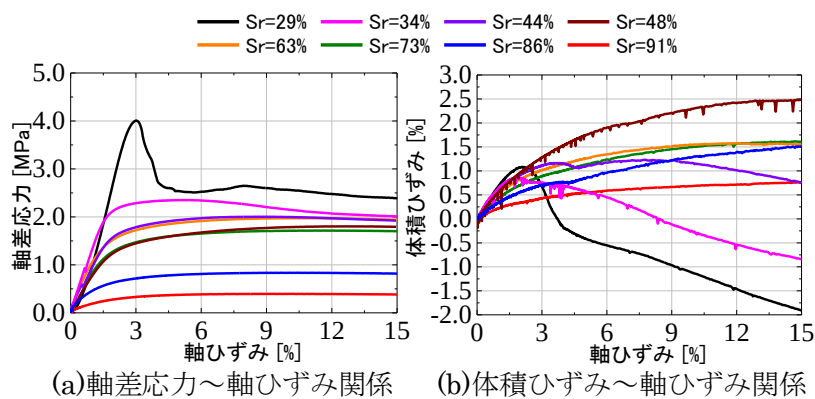


図3 各種不飽和供試体の非排気非排水三軸試験結果

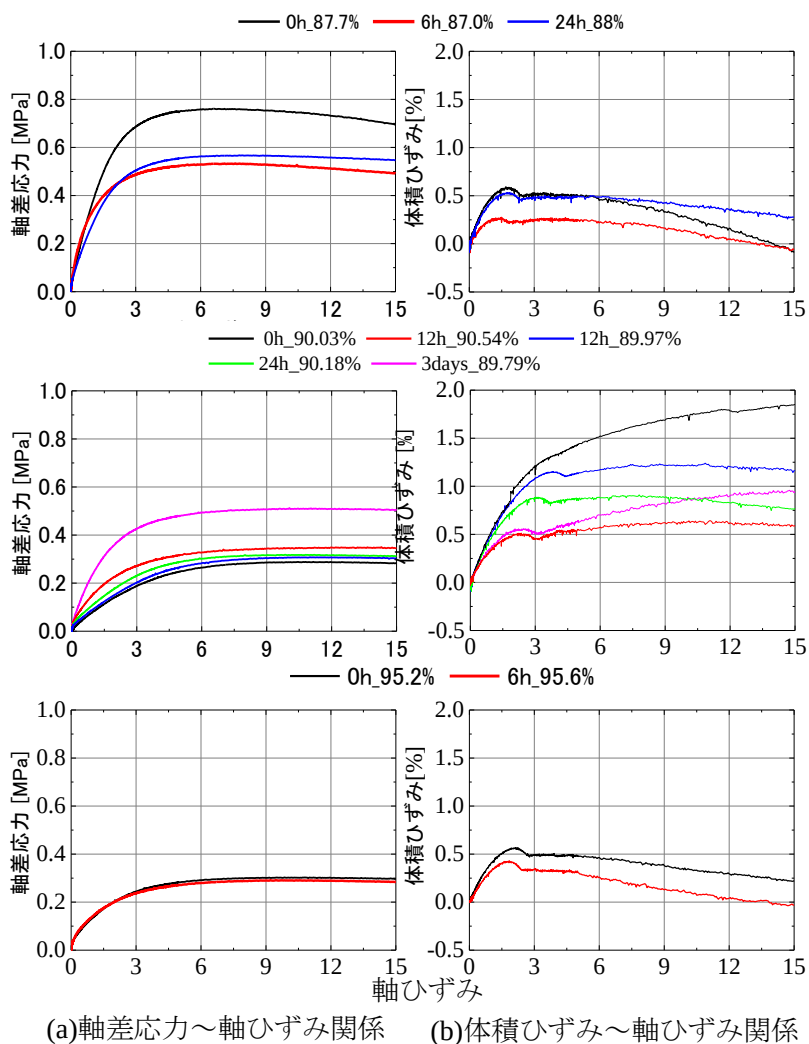


図4 飽和度 85, 90 および 95% の非排気非排水三軸結果