

## 締固め密度が異なる不飽和ベントナイト砕石の膨潤圧と透水性に関する特性の把握

ベントナイト 膨潤圧 サクシオン

一般社団法人 NB 研究所 正会員 成島誠一 正会員 新井靖典 正会員 佐古田又規  
足利大学 国際会員 西村友良

## 1 まえがき

廃棄物処分施設に関する長期安全性の研究は重要な工学的課題であり、一般に遮水性と力学的特性に大別される。それらの基本的研究は、膨張性土質材料を飽和状態として特性の解明が進められてきた。一方、実際の現場では膨張性土質材料は不飽和状態で扱われるため、膨張性・浸透性ならびに水分保持特性は締固めた際の乾燥密度の影響が考えられる。そこで本研究では、サクシオンに基づく乾燥密度が異なる膨張性土質材料のベントナイト砕石の水分保持曲線・膨張性・浸透性を検討する。

## 2 試料・実験方法

試料は NB 工法<sup>1)</sup>のベントナイト砕石を用いた。突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)を行い、ベントナイト砕石の最大乾燥密度は、 $1.357\text{g/cm}^3$ 、最適含水比は、27.7%であった。供試体作製含水比は最適含水比、乾燥密度は最大乾燥密度 100%、最大乾燥密度 90% $1.221\text{g/cm}^3$ 、最大乾燥密度 85% $1.153\text{g/cm}^3$ とした。なお、ベントナイト砕石の保水性を求めるために、蒸気圧法を用いサクシオン 2.8MPa~296MPa の範囲でサクシオン制御を行った。このサクシオン範囲は、湿度に置き換えると 98%から 11%に対応し、乾燥過程(サクシオンが増大)の含水比、乾燥密度、飽和度の変化を求めた。供試体は直径 6.0cm、高さ 2.0cm で初期は不飽和状態である。一方蒸気圧法における制御サクシオンに対応する平衡時間の確認は、成島らの報告<sup>2)</sup>を参考にした。次に膨潤性についてはモールド型保水性試験装置を用いて供試体下端からの吸水量と膨潤圧を測定した。膨潤圧測定時の供試体高さは一定即ち定体積条件とした。また締固めたベントナイト砕石の透水性試験は、不飽和から一定の動水勾配を与え浸透させ、定体積を保ち実施した。

## 3 実験結果

蒸気圧法で求めた初期乾燥密度が異なるベントナイト砕石の乾燥過程および湿潤過程の水分保持曲線(サクシオンと飽和度、乾燥密度の関係)を図-1~6 に示す。サクシオン 2.8MPa~296MPa の乾燥過程を経て再び 2.8MPa にサクシオンを戻している。乾燥密度の大きさに関わらずヒステリシスは存在し初期乾燥密度が大きい供試体は小さい供試体に比べて、飽和度は高い値を示している。乾燥密度の変化を見るとサクシオン増加によって体積収縮が生まれ密度増加が確認される。一方、サクシオン低下による間隙の膨張によって密度低下が見られる。乾燥密度が大きい供試体は乾燥・湿潤履歴を受けた後でも高い乾燥密度を保持している。次に図-7~12 では膨潤圧試験結果として膨潤圧および飽和度の経過変化を示している。最大乾燥密度と 90%供試体は試験開始とともに明確な膨潤圧増加が見られ、次第に緩やかな曲線を示している。飽和度については初期乾燥密度の影響がなくゆっくりと飽和状態に向かっていることがわかる。最大膨潤圧は最大乾燥密度、90%、85%の順に 200.2kPa、153.6kPa、109.6kPa であり初期乾燥密度依存性が確認できた。

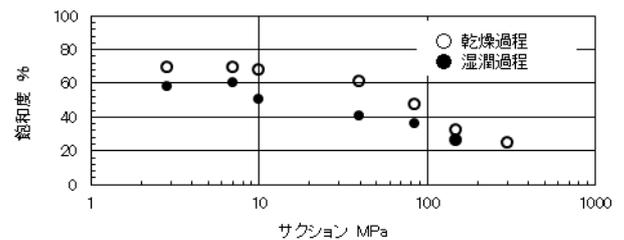


図-1 水分保持曲線 最大乾燥密度

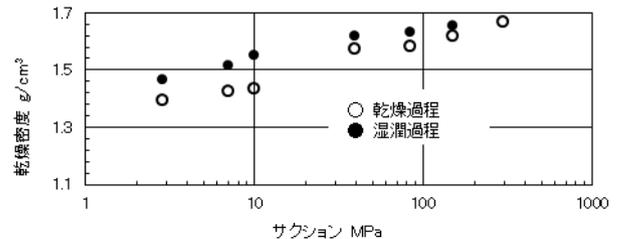


図-2 水分保持曲線 最大乾燥密度

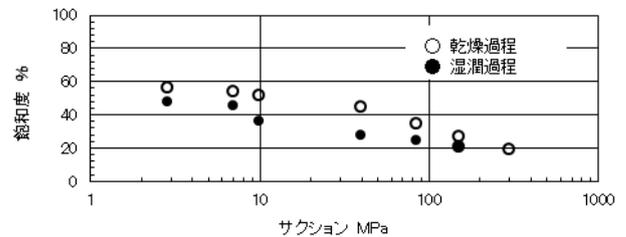


図-3 水分保持曲線 最大乾燥密度の90%

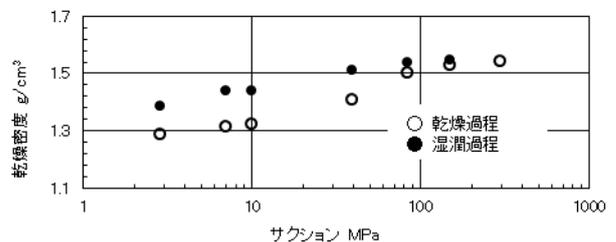


図-4 水分保持曲線 最大乾燥密度の90%

Understanding of swelling pressure and conductivity of unsaturated crushed bentonite with difference dry density.

Seiichi NARUSHIMA, Yasunori ARAI, Yuki SAKODA (Natural Blanket Institute) and Tomoyoshi NISHIMURA (Ashikaga University)

また図-13には3試料乾燥密度と最大膨潤圧を示す。最大乾燥密度と85%の膨潤圧は約3倍となり締固め密度は小さい方が上層構造に影響が少ないことが示唆された。透水係数と初期乾燥密度関係を図-14に示す。3試料供試体の透水係数は $1 \times 10^{-11}$ m/秒から $1 \times 10^{-12}$ m/秒の範囲にある中で、初期乾燥密度が大きい程、飽和透水係数が小さくなる傾向となったが、85%でも透水係数は $1 \times 10^{-11}$ m/秒であることから遮水構造に充分適用できることがわかった。

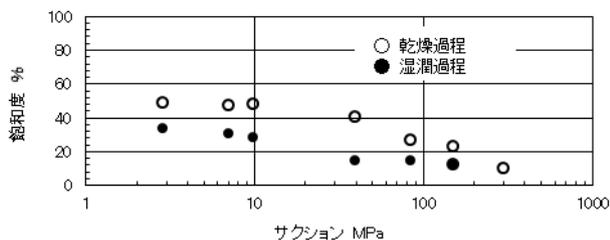


図-5 水分保持曲線 最大乾燥密度の85%

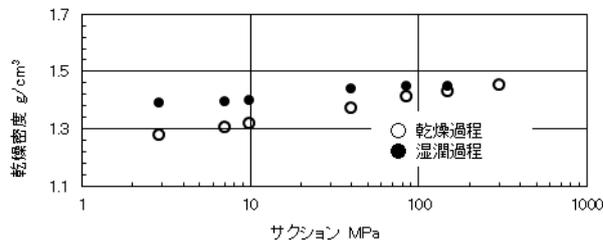


図-6 水分保持曲線 最大乾燥密度の85%

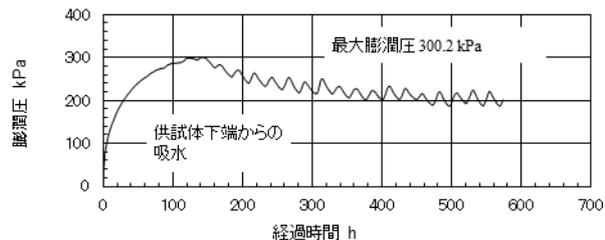


図-7 膨潤圧の変化 最大乾燥密度

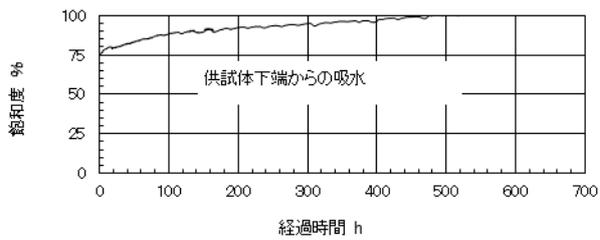


図-8 吸水量から算出した飽和度変化 最大乾燥密度

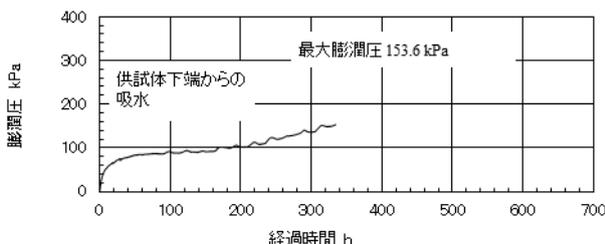


図-9 膨潤圧の変化 最大乾燥密度の90%

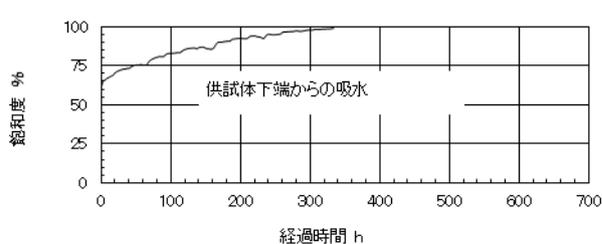


図-10 吸水量から算出した飽和度変化 最大乾燥密度の90%

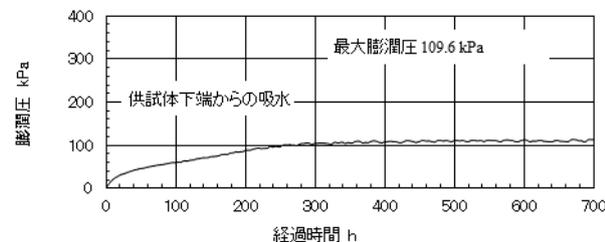


図-11 膨潤圧の変化 最大乾燥密度の85%

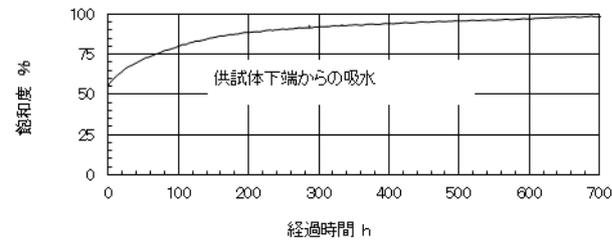


図-12 吸水量から算出した飽和度変化 最大乾燥密度の85%

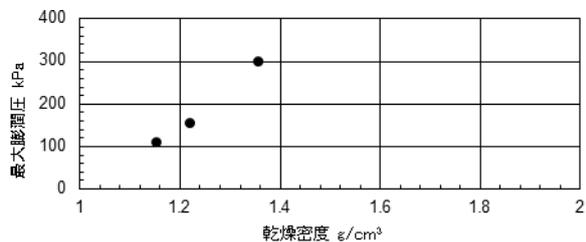


図-13 乾燥密度と最大膨潤圧の関係

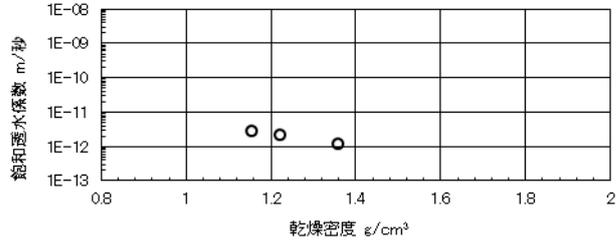


図-14 乾燥密度と飽和透水係数の関係

#### 4 まとめ

本研究では、サクシオンを考慮した不飽和状態のベントナイト碎石の水分特性曲線、膨潤圧、透水係数などの基本的特性を検討した。初期含水比が同じであっても、乾燥密度が異なると得られる水分保持曲線に相違があり、初期乾燥密度が高い程、サクシオンにおける飽和度、乾燥密度は高い。さらに最大膨潤圧および飽和透水係数には乾燥密度依存性が確認され、乾燥密度が大きいと最大膨潤圧は高く、飽和透水係数は低いことが明らかになった。今後の課題は、長期安全性に係るサクシオンにおける再現性について検討し、安心安全な土質系遮水技術の向上を目指したい。

#### 参考文献

- 1) NETIS KT-170018-A ベントナイト碎石 NB 工法新技術情報提供システム 2)成島誠一・新井靖典・佐古田又規・西村友良：不飽和ベントナイト碎石の膨潤圧と透水性に関する基本的特性の把握，第53回地盤工学研究発表会，香川・高松，2018。