

不飽和ベントナイト砕石のサクシオンおよび力学的特性と締固め密度の妥当性

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

1 まえがき

廃棄物最終処分施設などに適用される土質系遮水層は、低透水性・膨張性材料の長期品質の信頼性を求められている。土質系遮水層として適用されるベントナイト系材料は、膨張性、透水性、保水性、力学的性質を連成させ俯瞰し見ることが重要である。本研究では、土質系遮水層の仕様項目として水分保持曲線、一軸圧縮強さ、膨潤圧、透水係数および締固め密度に着目し、飽和後のベントナイト砕石の挙動とその傾向について詳述する。

2 試料・試験方法

試料は、NB 工法¹⁾のベントナイト砕石を用い礫分 47.6%、砂分 52.3%、粘土分 0.1%の粒度組成を有している。次に突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210 呼び名 A-c)を行い、試料の最大乾燥密度(1.357g/cm³)、最適含水比(27.7%)を求めた。供試体作製含水比は最適含水比とし、乾燥密度は最大乾燥密度の100%(1.357g/cm³)、90%(1.221g/cm³)、85%(1.153g/cm³)とした。供試体は直径6.0cm、高さ2.0cmを用いて水分特性曲線を求めるため、7種類の塩過飽和溶液を用いた蒸気圧法で湿度・サクシオンを制御した。制御範囲は湿度98%から11%、サクシオン2.8MPaから296MPaであった。サクシオンの増減によって乾燥過程・湿潤過程の繰返しを行い、含水比と乾燥密度の変化を明白にした。一軸圧縮強さの測定では、静的締固めた直後の供試体(初期状態)と定体積で飽和させた供試体(飽和状態)を用いた。飽和方法は吸水口を有するモールドに供試体(直径3.8cm、高さ7.6cm)を納め、脱気作用を与えながら約1か月間水没させた。脱型後、一軸圧縮試験を行ったが、その圧縮ひずみ速度は毎分1%とした。膨潤圧試験は定体積条件で実施し吸水量と膨潤圧の経時変化を測定した。透水試験は不飽和状態の供試体に定体積を保ち、かつ一定の動水勾配を維持し供試体中に通水を施した²⁾。

3 実験結果

サクシオン 2.8MPa から 296MPa 範囲における最大乾燥密度 100% (1.357g/cm³) の供試体の水分保持曲線を図-1 と 2 に示す。初期含水比 27.7%、初期乾燥密度 1.357g/cm³ の供試体はサクシオン増大によって含水比は低下している。乾燥過程・湿潤過程の繰返しによりさらに含水比を小さくしている。供試体中の水分量が失われることで収縮作用が進行し乾燥密度は初期値よりも増加し最も高い乾燥密度は、

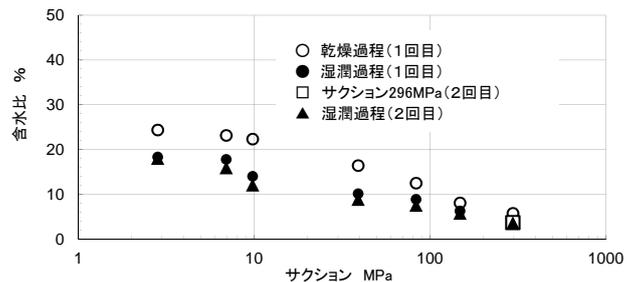


図-1 水分保持曲線 最大乾燥密度

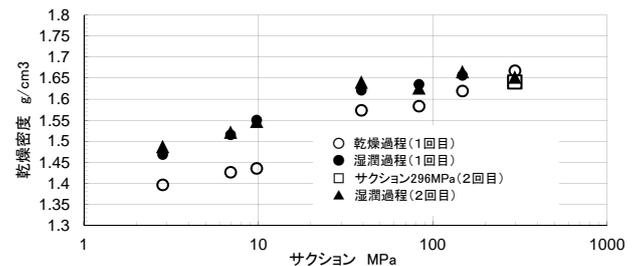


図-2 水分保持曲線 最大乾燥密度

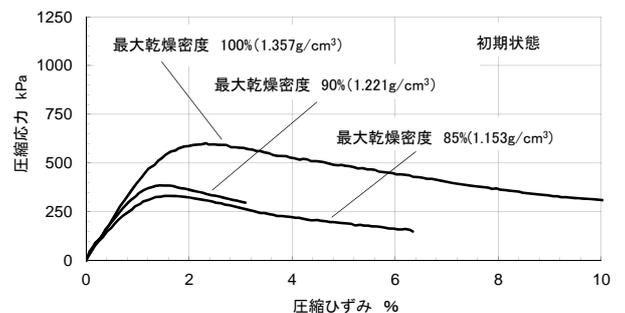


図-3 応力-ひずみ曲線(初期状態)

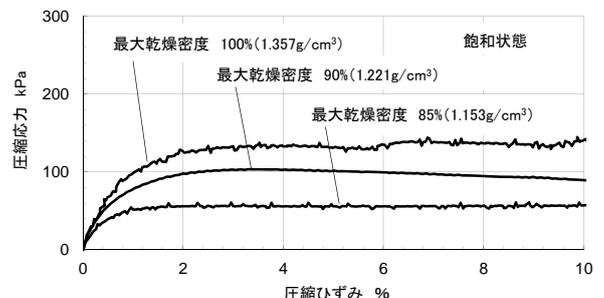


図-4 応力-ひずみ曲線(飽和状態)

キーワード: ベントナイト砕石、水分保持曲線、一軸圧縮強さ、膨潤圧

連絡先: 〒105-0004 東京都港区新橋 1-18-14 新橋 MM ビル 4F (一社)NB 研究所 TEL 03-3503-4861

1.653g/cm³に至り、0.296g/cm³の増分となった。サクシオン履歴はベントナイト砕石の基本的諸量（含水比、乾燥密度）を大きく変化させる。また一軸圧縮試験結果として図-3および4に応力-ひずみ曲線を示す。○内数値は乾燥密度である。初期状態は比較的明瞭なピーク値が見られる。それぞれのピーク値はひずみ量が3%以内で確認された。次に飽和状態になり供試体中のサクシオンが消失し、水分量が増した場合、応力-ひずみ曲線の形状が初期状態と明確に変質し平坦化の傾向を示した。これはベントナイト砕石が、膨潤することでせん断抵抗力が減少し、サクシオンが一軸圧縮強さに大きく寄与しているといえる。一軸圧縮強さ初期から飽和状態における挙動は図-5に示すように最大乾燥密度100%の場合（1.357g/cm³）、最も大きく438.3kPaであったが、飽和状態の一軸圧縮強さは締固め密度85~100%全て一軸圧縮強さは200kPa以下であり乾燥密度が大きいほど減少量が多かった。さらに最大乾燥密度85%の一軸圧縮強度が $q_u \geq 250$ kPaであり一般に概ねコーン指数 $q_c = 5q_u$ （粘性土）であることから、最大乾燥密度85%の $q_c \geq 1,250$ kN/m²となりトラフィカビリティのある初期状態であることが示唆された。一方成島ら³⁾は遮水層を構成するベントナイト砕石の膨潤圧と飽和透水係数を報告している。両者の関係に着目し図-6に示すように締固め密度に関わらず透水係数 $k \leq 10^{-11}$ m/sオーダーで遮水性能は同等であった。また図-7に示すように最大乾燥密度85%は、最大乾燥密度100%より膨潤圧が1/3程度低い。従って最大膨潤圧と一軸圧縮強さの関係から膨潤圧が低く、トラフィカビリティが確保されている最大乾燥密度85%のベントナイト砕石が周辺構造物への影響が低減され、遮水性能が確保されていることがわかった。

4 まとめ

本研究は、NB工法のベントナイト砕石におけるサクシオン繰返しを伴う水分保持曲線ならびに一軸圧縮強さ、膨潤圧、透水性の相互関係および締固め密度における品質の妥当性について検討した。その結果、サクシオン繰返しにより乾燥過程・湿潤過程を繰り返すことで水分量の減少、密度増加が生じることがわかった。一方、締固め密度と透水係数、膨潤圧、一軸圧縮強さについては、最大乾燥密度85%程度でも十分にトラフィカビリティが良く、最大乾燥密度100%まで締固めなくとも品質は低下しないことが示唆された。これは、膨潤圧によるベントナイト砕石が周辺構造物に対する影響を減少させながら長期安定性がある最適な締固め、施工を提示することに繋がると考える。今後は、NB工法のさらに長期安定性や地震時の挙動について検討していく。

参考文献

1) NETIS KT-170018-A ベントナイト砕石 NB 工法新技術情報提供システム
 2) 成島誠一・佐古田又規・西村友良：不飽和ベントナイト砕石の高サクシオン領域における保水性,土木学会第73回年次学術講演会論文集VII-005,pp10-11,2018.8
 3) 成島誠一・新井靖典・佐古田又規・西村友良：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,第54回地盤工学研究発表会,埼玉,2019年。(投稿中)

参考文献

1) NETIS KT-170018-A ベントナイト砕石 NB 工法新技術情報提供システム
 2) 成島誠一・佐古田又規・西村友良：不飽和ベントナイト砕石の高サクシオン領域における保水性,土木学会第73回年次学術講演会論文集VII-005,pp10-11,2018.8
 3) 成島誠一・新井靖典・佐古田又規・西村友良：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,第54回地盤工学研究発表会,埼玉,2019年。(投稿中)

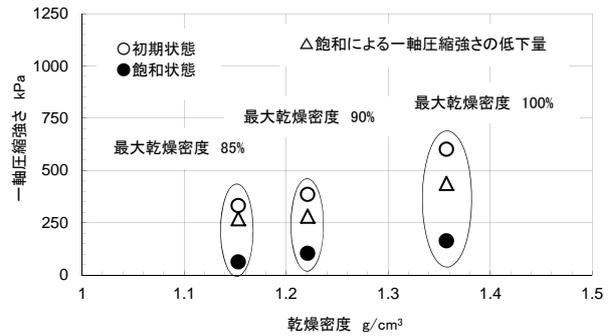


図-5 乾燥密度と一軸圧縮強さの関係

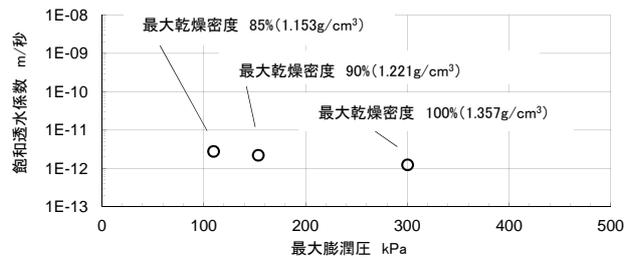


図-6 最大膨潤圧と飽和透水係数の関係

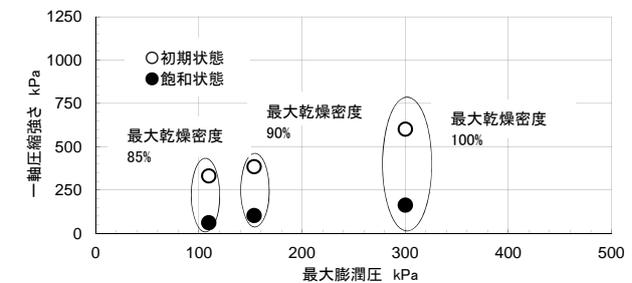


図-7 最大膨潤圧と一軸圧縮強さの関係