

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

ベントナイト 膨潤圧 サクション

一般社団法人 NB 研究所 正会員 成島誠一 新井靖典
佐古田又規
足利工業大学 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。これらの基本的研究は、高レベル放射性廃棄物処分、一般廃棄物処分施設を問わず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、処分施設稼働開始時において膨張性土質材料は、不飽和状態であることが考えられ、再現性の観点から膨張性材料の不飽和状態における特性を精査する必要がある。そこで本研究では再現性の観点から膨張性土質材料のベントナイト碎石を用いて、膨張性・浸透性などの基本的特性をサクシオンに基づいて検討する。

2 試料・実験方法

試料としてのベントナイト碎石を用いた。試料は礫分

47.6%、砂分 52.3%、粘土分 0.1%の粒度組成を有している。さらに突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)を行い、試料の最大乾燥密度、最適含水比を求めた。突固め方法の呼び名はA-cであった。求められた乾燥密度-含水比曲線からベントナイト碎石の最大乾燥密度は 1.357g/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の27.7%、乾燥密度は最大乾燥密度とした。ベントナイト碎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から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。供試体の初期は不飽和状態であり、またサイズは直径6.0cm、高さ2.0cmであった。サクシオン平衡時の供試体サイズ(直径、高さ)はノギスにて直接測定した。蒸気圧法における一定サクシオン(一定湿度環境下)の供試体質量の変化を測定し、サクシオンとの平衡状態に至る時間を求め、判断指標の一つとして役立てた。アクリル製耐圧容器に供試体を静置し、例えば過飽和リン酸2水素アンモニウム溶液を入れたアクリル容器とチューブで繋ぐ。また簡易ポンプによって空気を循環させることで供試体には継続的に一定サクシオン(9.8MPa)が作用する。このサクシオンに対応して供試体質量は変化する。この質量の経時変化を電子天秤で連続的に計測する。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とした(定体積条件)。締固めたベントナイト碎石の透水性試験は一般的な飽和供試体を用いるのではなく不飽和状態から一定の動水勾配を与え浸透させた。供試体は定体積を保ち、浸透の進行に伴う膨潤圧も計測している。また供試体下端から排水される水量と動水勾配から透水係数の経時変化を求めた。

3 実験結果

3-1 ベントナイト碎石の水分特性曲線

サクシオン 2.8MPa、温度 20°C環境下(湿度 98%相当)に置かれた供試体の質量経時変化を求める前に過飽和硫酸カリウム溶液による湿度実現性を検証した。供試体を設置しない場合の循環空気湿度経時変化を測定し図-1に示す。

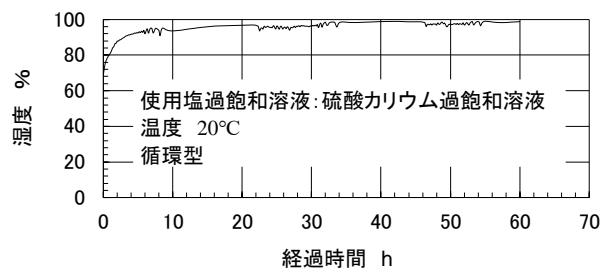


図-1 湿度変化

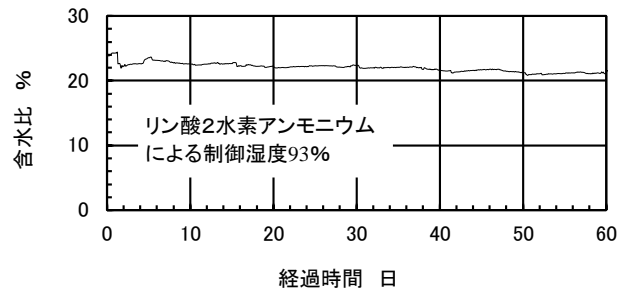


図-2 湿度93%環境下での供試体含水比の変化

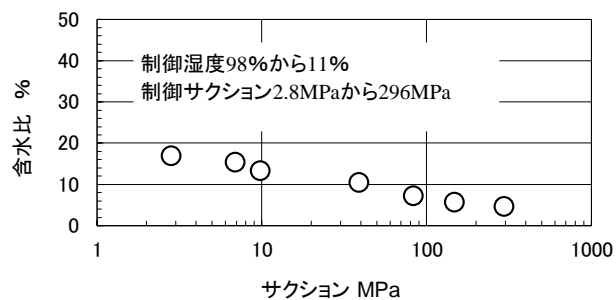


図-3 乾燥過程の含水比変化

Understanding of swelling pressure and conductivity of unsaturated crushed bentonite

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

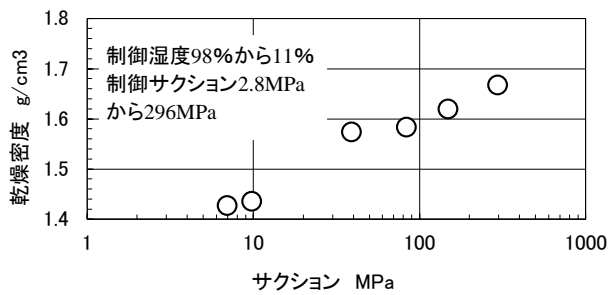


図-4 乾燥過程の乾燥密度変化

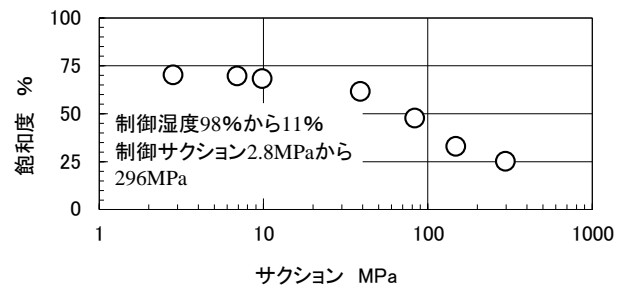


図-5 乾燥過程の飽和度変化

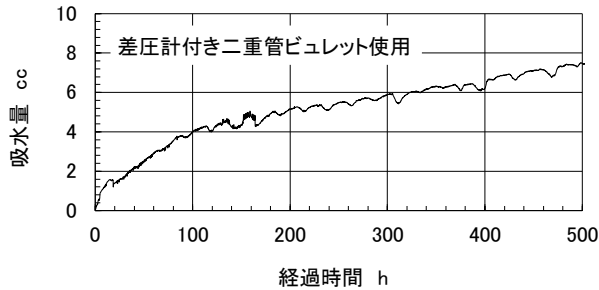


図-6 供試体下端から吸水された水量

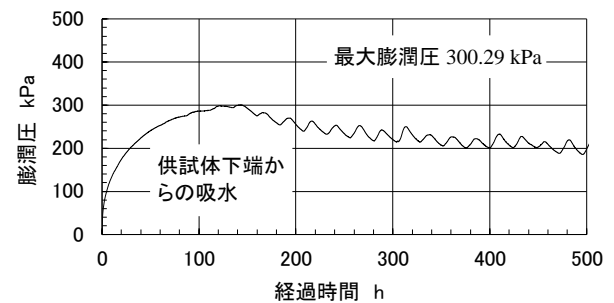


図-7 膨潤圧の変化

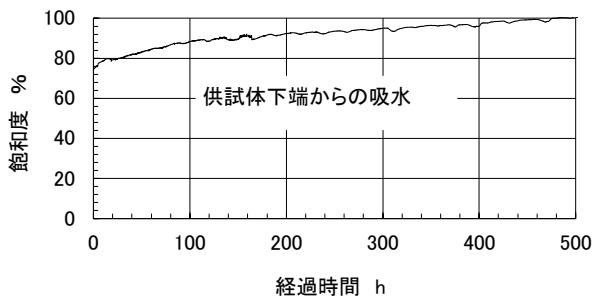


図-8 吸水量から算出した飽和度変化

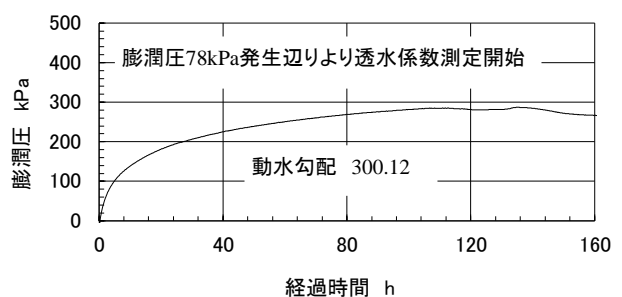


図-9 動水勾配を与え透水量測定時の膨潤圧

湿度測定に温湿度変換器 THT-B を用いた。測定開始後、短時間で容器内の湿度が 90% 付近まで上昇し、約 24 時間で 98% に到達している。次に湿度 98% (サクシジョン 2.8MPa) に平衡した供試体に湿度 93% (サクシジョン 9.8MPa) の環境に置いた場合の含水比の変化を求めた (図-2)。含水比の変動はあるものの、試験開始後概ね 2 日で含水比変化が極めて少なくなっている。よって、蒸気圧法による供試体の平衡時間の目安は 7 日間で十分といえる。

次に、乾燥過程のサクシジョンと含水比、乾燥密度および

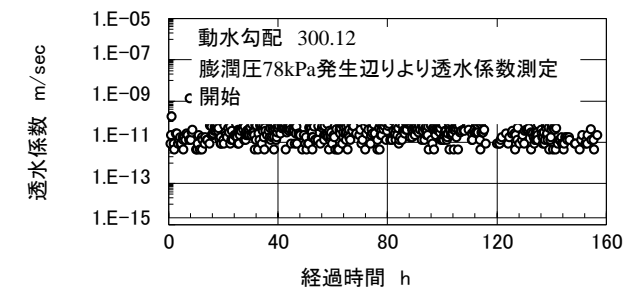


図-10 乾燥過程の乾燥密度変化

飽和度の関係を図-3~5に示す。サクシジョンが増加することで含水比は明確に減少している。含水比の低下に伴う、ベントナイト碎石は収縮傾向も見られ、サクシジョン増加に伴い乾燥密度が増大している。含水比と乾燥密度の変化を合わせた飽和度はサクシジョン増加に伴い減少している。特にサクシジョン 10MPa 以降、飽和度低下が顕著である。

3-2 膨潤圧と透水性

図-6は経過時間と吸水量の関係、図-7は膨潤圧の変化を示している。試験開始とともに緩やかな吸水が始まり、一様な傾きで吸水挙動が見られた。300.29kPaの最大膨潤圧が計測された後、膨潤圧が減少と変動を示している。また吸水量から見かけの飽和度(図-8)を算定すると、最大膨潤圧発生時は概ね飽和度が90%、その後も飽和度の増加が続き、試験終了時には飽和度100%に至っている。次に、一定の動水勾配を与え、膨潤圧と透水量を測定した。図-9に膨潤圧の変化を示し、図-10に透水係数を示している。膨潤圧は図-7で示した挙動に類似している。膨潤圧が78kPa付近から透水係数の測定を開始した。透水係数の値は、膨潤圧が変化しても、膨潤圧に影響することなく、 $1 \times 10^{-11} \text{m/sec}$ の値を示していることがわかる。

4 まとめ

本研究では、不飽和ベントナイト碎石が飽和に進行するにあたり、最大膨潤圧が徐々に減少傾向を示しながら、透水係数の値は概ね一定であることがわかった。今後は、サクシジョンによる試験を重ね、長期安定性、再現性を確立したい。