

乾燥密度が異なる飽和ベントナイト碎石の動的強度・変形特性

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

1 まえがき

廃棄物処分施設の長期安全性確保にはあらゆる外的作用に対する評価が求められる。膨張性¹⁾、浸透性、沈下、変形・変状、せん断抵抗性、動的強度・変形特性、化学的作用などが挙げられる²⁾³⁾。また遮水層施工性との関係から締固め後の乾燥密度とこれらの工学的性質を解明することが不可欠である。本研究は最適含水比に調整したベントナイト碎石（膨張性土質材料）に対して異なる乾燥密度を有する不飽和供試体に膨潤作用を与えた後、強度定数および動的強度・変形特性を検討した。初期乾燥密度が膨潤飽和後のベントナイト碎石の強度定数ならびに動的強度・変形特性に影響を与えることを報告する。

2 試料・試験方法

試料としてベントナイト碎石を用いた。突固めによる土の締固め試験（JIS A 1210）から最大乾燥密度は 1.357g/cm^3 、最適含水比は 27.7% であった。供試体作製の含水比は最適含水比とし、最大乾燥密度の 90% (1.221g/cm^3)、85% (1.153g/cm^3) を設定乾燥密度として静的に締固めた。供試体は直径 3.8cm、高さ 7.6cm であった。ベントナイト碎石の強度定数と動的強度・変形特性を求めるために、写真-1 に示す繰返し三軸試験機を用いた。正弦波繰返し荷重制御はペロフラム空圧式である。不飽和状態から膨潤飽和のために上下プレートにポラスストーン付きのモールド（写真-2）を用いてモールド内で定体積膨潤を 1 か月継続し、飽和状態を実現した。繰返し三軸試験は側方向応力 100kPa 一条件とし、载荷周波数 0.5Hz、データ集積周波数 20Hz、異なる初期繰返し応力振幅比を設定し正弦波繰返し荷重を飽和供試体を与えた。

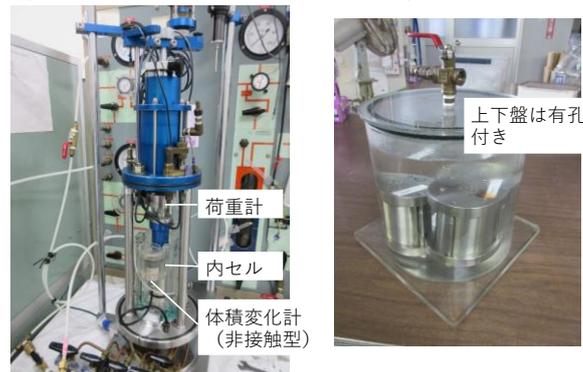


写真-1 繰返し三軸試験機（三軸室部）

写真-2 ベントナイト碎石の飽和

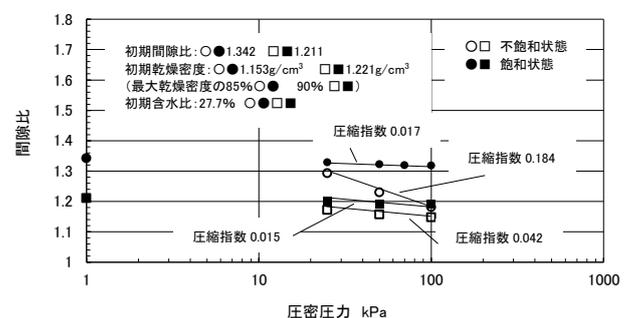


図-1 等方応力状態における圧密圧力と間隙比の関係

3 実験結果

側方向応力作用に伴う圧縮特性を不飽和供試体および飽和供試体に対して検討を行い、図-1 に圧縮曲線を示す。圧縮指数を比べると、不飽和供試体の圧縮指数は 0.042（初期乾燥密度 1.221g/cm^3 ）、0.184（初期乾燥密度 1.153g/cm^3 ）、飽和供試体の圧縮指数は 0.015（初期乾燥密度 1.221g/cm^3 ）、0.017（初期乾燥密度 1.153g/cm^3 ）であり、明らかに飽和供試体の圧縮性が小さいことがわかる。初期乾燥密度 1.221g/cm^3 の供試体の応力-軸ひずみ曲線（図-2、3）を見ると、不飽和状態から

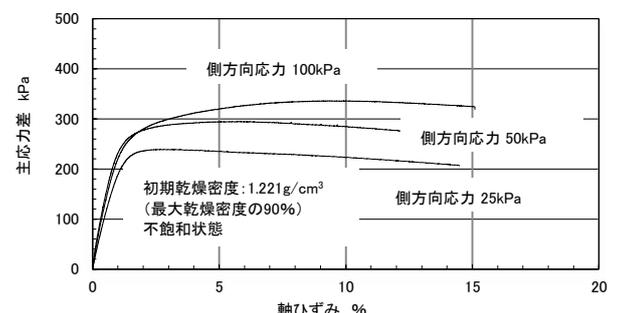


図-2 応力-ひずみ曲線（不飽和状態）

膨潤飽和によってせん断抵抗性が減少していることが側方向応力に関係なく示されている。さらに、異なる初期乾燥密度を有する不飽和供試体、飽和供試体のモール・クーロンの応力円および破壊規準線を図-4~7 に示す。定めた破壊規準線から強度定数（土のせん断抵抗角と見かけの粘着力）を算定すると、不飽和供試体の土のせん断抵抗角は 24.1 度、24.3 度を示し初期乾燥密度が異なっても乾燥密度の影響が見られなかった。初期乾燥密度が異

キーワード: ベントナイト碎石, 強度定数, 動的強度・変形特性

連絡先: 〒105-0004 東京都港区新橋 MM ビル 4F 一般社団法人 NB 研究所 TEL 03-3503-4861

なる場合でも、ベントナイト砕石を飽和するとせん断抵抗角と見かけの粘着力は低下・減少することがわかる。

次に、繰返し応力を与えた場合の結果(軸ひずみと軸差の関係)を飽和供試体に限って図-8と9に示す。

全ての繰返し三軸試験では繰返し回数を12回とした。初期繰返し応力振幅比は0.57~1.32であった。初期乾燥密度 1.153g/cm^3 の飽和供試体は初期繰返し応力振幅比0.75の繰返し応力を与えた後、応力比1.32に進めた。繰返し応力を受ける圧縮側の軸ひずみが残存し、さらに大きな繰返し応力を1回与えると大きな軸ひずみが生じ、以降、0.5%以内の圧縮側の変形量でヒステリシスが示され、圧縮側の軸ひずみが蓄積されている。一方、初期乾燥密度

1.221g/cm^3 の飽和供試体は初期繰返し応力振幅比0.57の後、1.24の初期繰返し応力振幅比を与えると、大きな軸ひずみを示す。繰返しを重ねると伸張側で軸ひずみが伸びる領域が確認された。いずれも軸ひずみは0.5%以内の変形量でとどまっており、初期乾燥密度の影響が確認された。

4 まとめ

本研究では、乾燥密度が異なるベントナイト砕石の不飽和状態と膨潤飽和後の土の強度定数ならびに繰返し強度・変形特性を明白にした。今後は膨脹性ベントナイト砕石の特性に整合した載荷周波数、初期繰返し応力振幅比、載荷時間などの繰返し条件を検討する。

参考文献 1) 成島・新井・佐古田・西村：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。2) C.S.Tang, A.M.Tang, Y.J.Cui, P.Delage, C.Schroederc and De Laure: Investigating the swelling pressure of compacted crushed-Callovo-Oxfordian claystone, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36, 17-18, 1857-1866, 2011. 3) Chun-LiangZhang and Klaus-PeterKröhn: Sealing behaviour of crushed claystone-bentonite mixtures, *Geomechanics for Energy and the Environment*, 17, 90-105, 2019.

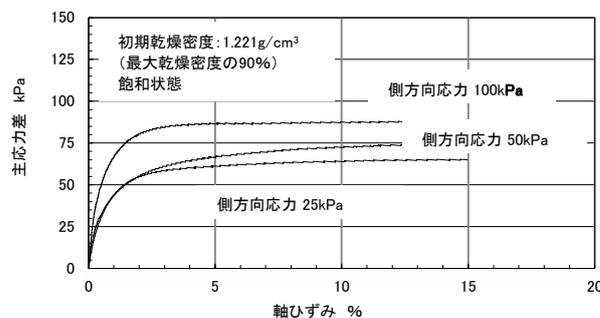


図-3 応力-ひずみ曲線(飽和状態)

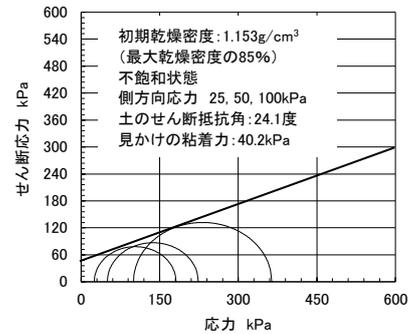


図-4 モール・クーロンの破壊規準(不飽和状態)

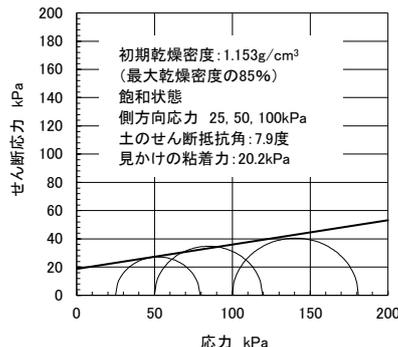


図-5 モール・クーロンの破壊規準(飽和状態)

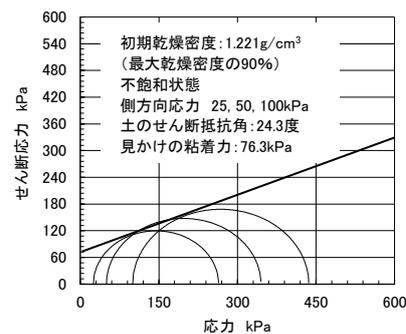


図-6 モール・クーロンの破壊規準(不飽和状態)

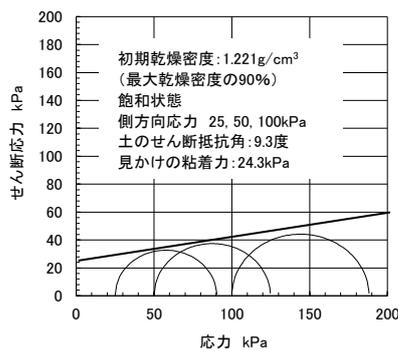


図-7 モール・クーロンの破壊規準(飽和状態)

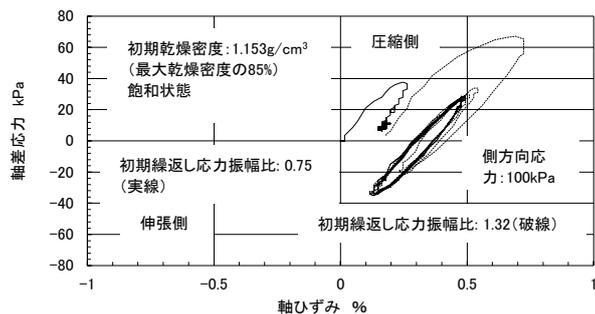


図-8 ひずみの増幅と軸差応力の減少(飽和状態)

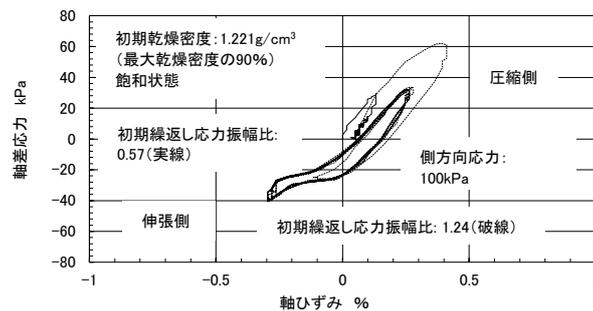


図-9 ひずみの増幅と軸差応力の減少(飽和状態)