

膨潤飽和したベントナイト砕石の動的強度・変形特性

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

一般に建設工事の際の周辺環境への負荷の低減、供用後の環境保全、土壌汚染の評価予測¹⁾さらに開発行為などに伴う建設発生土・副産物からの汚染水溶出や浄化対策など自治体にとって検討項目は多岐に渡る²⁾。特に廃棄物処分場遮水層や放射能隔離層で用いられる締固めたベントナイト砕石の動的強度・変形特性は、長期安全性についての知見が充分であるとは言えない。そこで本研究は、締固めたベントナイト砕石の現場管理指標となる最適含水比、最大乾燥密度の85%、90%、100%に相当する乾燥密度を試験条件とし、長期安全性維持の検証を踏まえて、飽和状態における繰り返し荷重載荷時の軸差応力と軸ひずみの関係について言及し長期挙動の把握を検討する。

2 試料・試験方法

試料は、膨潤性土質系遮水材料のベントナイト砕石を用い締固め試験(JIS A 1210)をおこない最大乾燥密度 $1.357\text{Mg}/\text{m}^3$ 、最適含水比27.7%を測定した。供試体の含水比は、最適含水比に設定し、最大乾燥密度100% ($1.357\text{Mg}/\text{m}^3$)、90% ($1.221\text{Mg}/\text{m}^3$)、85% ($1.153\text{Mg}/\text{m}^3$)を各乾燥密度として静的に締固めた。なお供試体は直径3.8cm、高さ7.6cmとし定体積条件で膨潤期間1か月間観察した。ベントナイト砕石の強度定数と動的強度・変形特性は、写真-1に示す繰返し三軸試験機を用い求めた。正弦波繰返し荷重制御は、ペロフラム空圧式を適用し、繰返し三軸試験は、側方向応力100kPa、載荷周波数0.05Hz、データ集積周波数2.0Hz、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へ与えおこなった。

3 実験結果

初期乾燥密度が異なる飽和供試体の圧密非排水三軸試験試験結果を有効応力経路として図-1~3に示す。有効応力経路とは軸圧縮過程の主応力差と平均有効主応力(σ_1 、 σ_2 、 σ_3 、過剰間隙水圧の変化を含む)である。3条件の異なる拘束圧(25kPa、50kPa、100kPa)について有効応力経路を描き、1本の破壊線を求めた。破壊線の傾き(摩擦係数M)と切片から有効応力表示のせん断抵抗角と粘着力を算出し図中に数値を示す。締固め乾燥密度が $1.153\text{Mg}/\text{m}^3$ と $1.221\text{Mg}/\text{m}^3$ の供試体のせん断抵抗角は11.57度、乾燥密度が $1.357\text{Mg}/\text{m}^3$ では14.86度に増大している。粘着力においても乾燥密度による影響が見られ、締固め乾燥密度が高い粘着力は12.91kPaから22.11kPaに増加している。不飽和状態から飽和状態に飽和化するとせん断抵抗力が抵抗化することは知られているが、本研究においても飽和化(●■▲)することで図-4のように最大軸差応力が大きく減少し、初期乾燥密度が大きい程、低下量は顕著である。特に初期乾燥密度 $1.357\text{g}/\text{cm}^3$

キーワード: ベントナイト砕石, 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



写真-1 繰返し三軸試験機 (三軸室部)

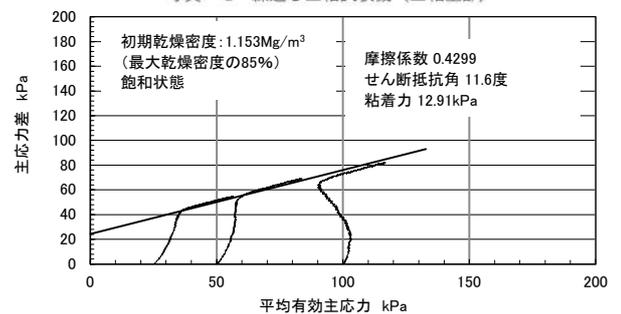


図-1 有効応力経路 (飽和状態 乾燥密度 $1.153\text{Mg}/\text{m}^3$)

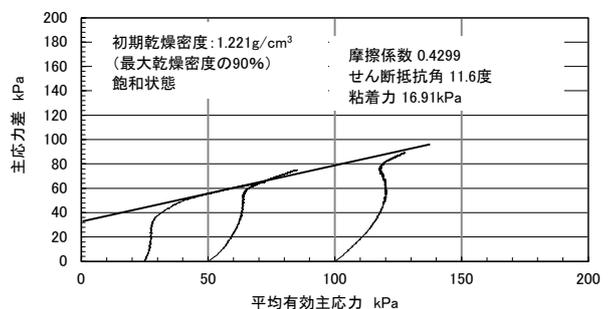


図-2 有効応力経路 (飽和状態 乾燥密度 $1.221\text{Mg}/\text{m}^3$)

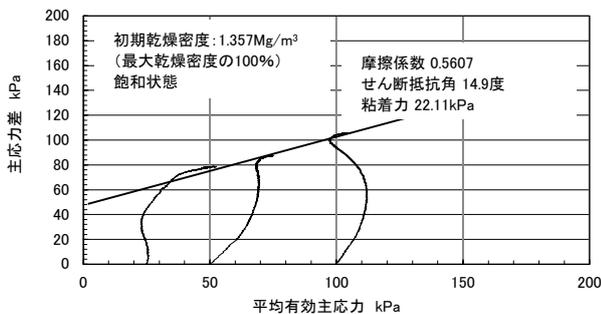


図-3 有効応力経路(飽和状態 乾燥密度1.357Mg/m³)

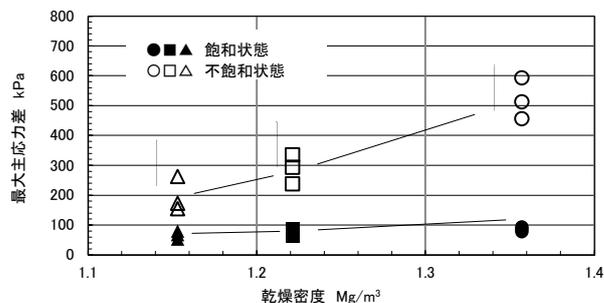


図-4 乾燥密度と最大主応力差の関係

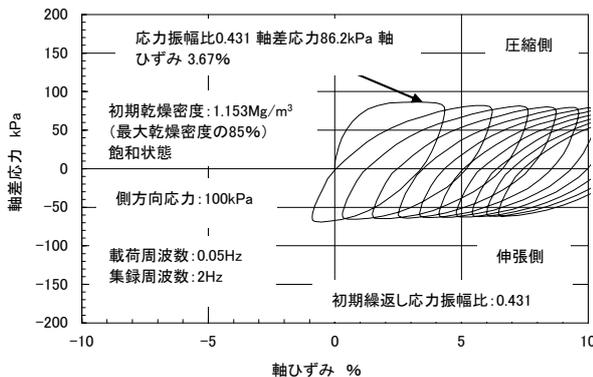


図-5 ひずみと軸差応力の関係(飽和状態)

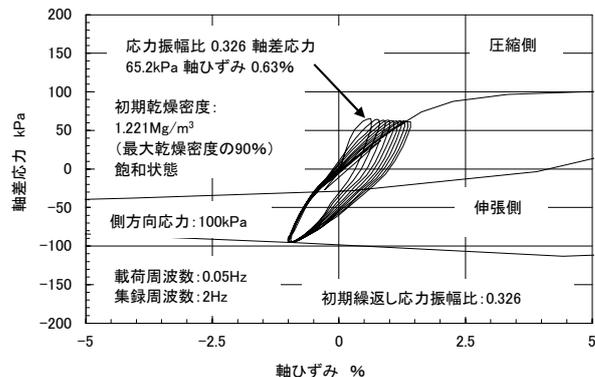


図-6 ひずみと軸差応力の関係(飽和状態)

の場合、不飽和状態 (○□△) の最大軸差応力が 594. 3kPa、飽和状態の最大軸差応力が 95. 1kPa と約 16%にまで大幅にせん断抵抗力が低下している。

遮水層・隔離層の母材として用いられる膨潤性土質材料のベントナイト碎石の品質管理には現場敷均・転圧・乾燥密度管理(締め固め管理)と透水係数との関連性が遮水構造体評価の適用項目として活用している³⁾。勿論、一軸圧縮強さも性能評価パラメータに加味されている一方で動的繰返し荷重を受けた際の動的強度・変形特性について繰返し荷重による土の抵抗性は多数の影響因子に関係している。⁴⁾

本研究では、載荷周波数 0.05Hz、拘束圧 100kPa、載荷回数 10 とし、初期乾燥密度の影響について検討した。軸差応力-軸ひずみ関係(図-5~7)を見ると初期乾燥密度 1. 153Mg/m³の供試体は圧縮側繰返し応力振幅比 0.43 を維持しながら大変形を示している。初期乾燥密度 1. 221Mg/m³の供試体は繰返し載荷回数 10 以降に軸ひずみの急な増大が見られる。初期乾燥密度 1. 357Mg/m³の供試体は初期繰返し応力振幅比が他の2条件に比べて小さいが、繰返し荷重による軸ひずみ量が明らかに低く、初期乾燥密度が動的強度・変形特性に大きく影響していることが明らかである。小さな乾燥密度のベントナイト碎石は大きな変形が進行すると言える。

4 まとめ

本研究では、乾燥密度が異なるベントナイト碎石の膨潤飽和後の繰返し強度・変形特性を明白にし、乾燥密度の低下が繰返し載荷時に大きな変形を引き起こすことが顕在化され長期挙動について新たな知見が示唆された。

参考文献 1) 嘉門 雅史・勝見 武・応 長雲: 地盤工学における環境質の影響評価とその制御, 材料, 47巻, 2号, pp.112-115, 1998. 2) 田中 信寿: 環境安全な廃棄物埋立処分技術, 廃棄物学会誌, 1999. 3) 成島 誠一: 土質系遮水におけるピュアベントナイトに着目した遮水構造の提案, 第27回廃棄物資源循環学会研究発表会, 一般社団法人廃棄物資源循環学会, pp.389-390, 2016. 4) 地盤工学会: 第7章変形特性を求めるための繰返し試験, 地盤材料試験の方法と解説地盤材料試験の方法と解説, pp.750-767, 2009.

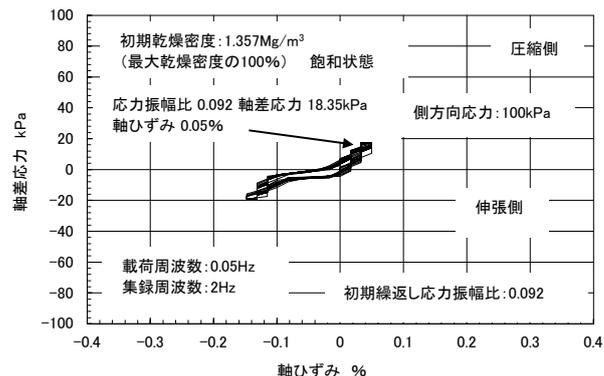


図-7 ひずみと軸差応力の関係(飽和状態)