

浸透水の塩分濃度が Ca 型ベントナイト混合土の透水性に与える影響

大成建設株式会社 原子力本部 正会員 ○本島貴之 磯さち恵
足利大学 創生工学科 正会員 西村友良

1. はじめに

Ca 型ベントナイト混合土は、放射性廃棄物処分施設を構成する材料の一候補として想定されている。Ca 型ベントナイト混合土の長期的な安全性能確保には、多様な外的要因による特性の変質を想定することが重要であり、例えば、材料の力学・浸透・化学的連成挙動の把握を目的とした室内試験実施も重要である。また、ベントナイトを用いた室内試験は一般に時間を要することから、試験時間の短期化・効率化も重要な工学的課題である。本研究では Ca 型ベントナイトに砂を混合し締固めた混合試料をイオン交換水または塩分濃度が異なる塩水による透水係数を評価するとともに乾燥密度との関係についても報告する。

2. 試料・試験方法

試料として Ca 型ベントナイトであるクニミネ工業製クニボンドに砂質材料の三沢砂を混合した。クニボンドおよび三沢砂は乾燥質量比 7:3 で混合し、含水比 20.0% に調整して、目標乾燥密度 1.650Mg/m³、目標飽和度 81.91% として静的に締固めた。本研究では写真-1 に示す透水試験装置を用いた。アクリル製セル内に剛性モールドを装着し、モールド内に供試体が納めている。下盤は吸排水経路ならびにフィルター（ポーラスストーンまたはポーラスメタル）によって供試体中の間隙水の吸排水が可能である。セル内空気供給によって動水勾配を制御し、浸透する水量を測定し、同時に圧密圧力、圧密量の測定も可能である。二重管ビュレットの水面の変化は浸透した水（イオン交換水、塩水）量の変化である。耐塩水腐食素材を有する差圧計を用いて浸透量を把握した。膨張性材料の工学性質に与える塩水の影響に関する理解は重要であり、膨張性材料を取り扱う上で試験装置の改良も要求される¹⁾。例えば図-1 に本研究で用いた同一試料の一軸圧縮強さに与える塩水の影響を示している。塩水濃度 3.5% で膨潤することでせん断抵抗性が低下している。マイクロ構造かつ粘土鉱物の化学的変質との関連性は論じられていないが、明らかに塩水が特性を変化させている。

3. 実験結果

Na 型ベントナイトの膨潤特性の報告とその理解度に比べ、Ca 型ベントナイトの膨潤特性は十分ではない。供試体を透水試験装置に納め、塩分濃度（0% から 3.5%）が異なる膨潤水を準備し定体積条件で膨潤圧を求めた。イオン交換水の場合（塩分濃度ゼロ%）を含めて、塩分濃度の増大に伴う膨潤圧変化を図-2 に示す。イオン交換水の場合、2.75MPa を示し、塩分濃度 1.0%、1.75%、3.5% に高めると膨潤圧は 0.88MPa にまで減少している。また限られた塩分濃度範囲ではあるが塩分濃度 1.75% 以降、膨潤圧低下割合は小さくなる傾向である。

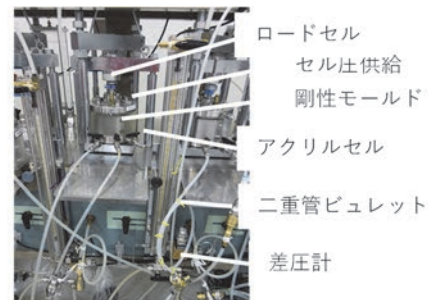


写真-1 透水試験装置

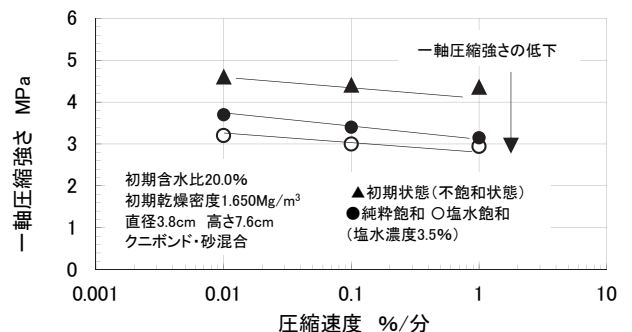


図-1 一軸圧縮強さに与える塩水の影響

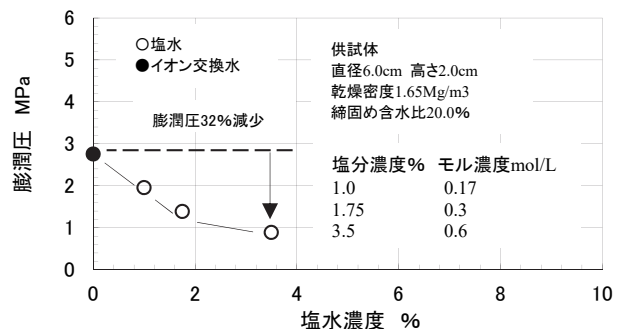


図-2 塩水濃度増加による膨潤圧の低下

キーワード: Ca 型ベントナイト, 透水係数, 塩水, 膨潤圧

連絡先: 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 原子力本部 TEL:03-5381-5315

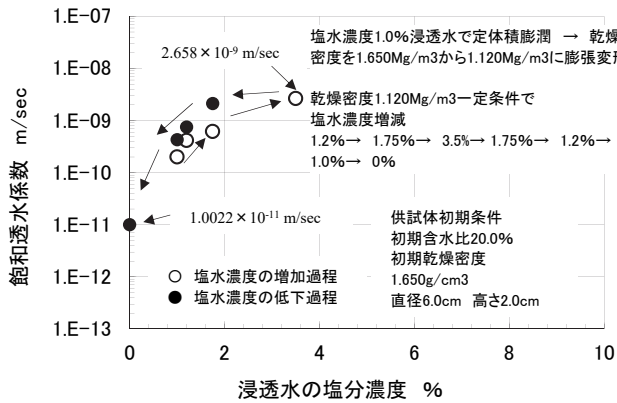


図-3 浸透水中の塩分濃度の増減と飽和透水係数の関係

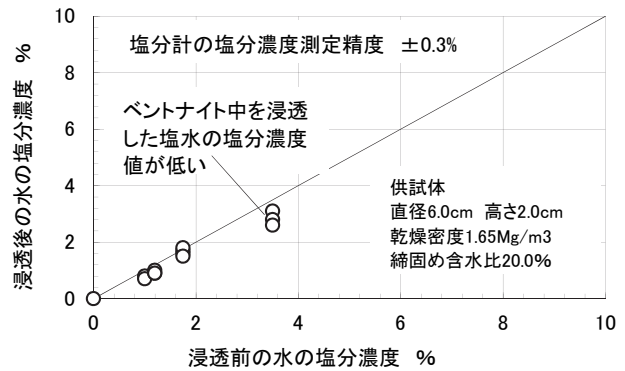


図-4 ベントナイトを浸透した水の塩分濃度 %

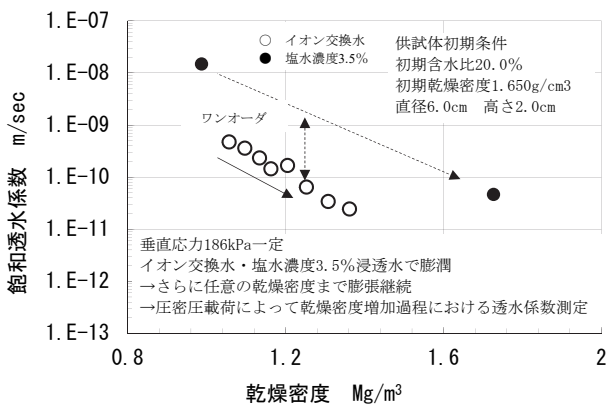


図-5 乾燥密度の増加と飽和透水係数の関係

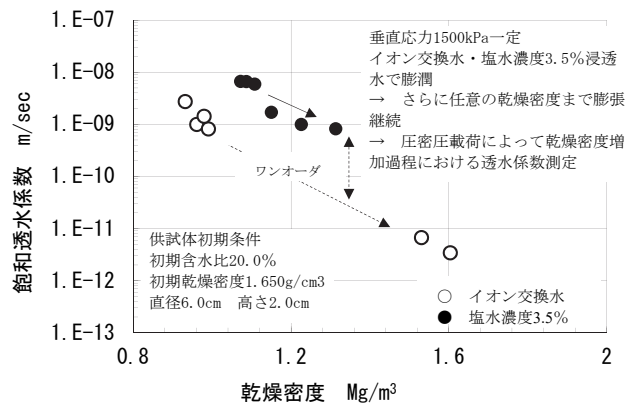


図-6 浸透水中の塩分濃度の増減と飽和透水係数の関係

混合土の品質には透水係数把握が不飽和・飽和問わず重要である²³⁾。乾燥密度 1.650Mg/m³ の供試体を塩分濃度 1.0%溶液で定体積膨潤させた後、変形を伴うハイドレーションを与え乾燥密度を約 1.120Mg/m³ まで減少させた。溶液の塩分濃度を 1.2%, 1.75%, 3.5%に増加させ、各塩分濃度における透水係数を測定した。塩分濃度 3.5%の測定後、引き続き塩分濃度を低下させた。塩分有無の影響検証の為に、塩分濃度 1.2%試験後、イオン交換水を浸透させ透水係数を求めた。塩分濃度増加による透水性向上が確認された(図-3)。また塩分濃度 3.5%から塩分濃度ゼロまでの過程を見るとわずかな非可逆的存在が見られた。浸透する前の溶液中の塩分濃度と浸透した後の塩分濃度を±0.3%の精度を有する塩分計で測定した。塩分濃度 3.5%の場合、浸透した塩水は塩分濃度が低くなる傾向が見られるが、塩分濃度 3.5%未満の場合、ベントナイト中を浸透することで塩分濃度が変化しないといえる(図-4)。

乾燥密度 1.650Mg/m³ の供試体に垂直応力 186kPa, 1500kPa を載荷し、膨潤水(イオン交換水, 3.5%塩水溶液)による膨潤変形を与えた。引き続き大きな乾燥密度低下を引き起こすハイドレーション履歴を与え、乾燥密度 1.000Mg/m³ 程度に膨潤させた。次に圧密圧力を加え乾燥密度を段階的に増加させながらイオン交換水, 塩水による透水係数を測定した。圧密沈下方向の乾燥密度と透水係数の関係を図-5 と 6 に示す。浸透水の塩分の有無にかかわらず、乾燥密度が大きくなると透水係数は減少する。一方で塩水(濃度 3.5%)を浸透させた場合、乾燥密度の大きさに依存するがイオン交換水の透水性に比べ、透水係数は 10 倍程度(ワンオーダー)増加している。

4. まとめ

Ca 型ベントナイトに砂を混合した混合材料の透水係数を評価した。既往検討と同様にイオン交換水に比べ塩水が浸透することで透水係数は高くなる。また塩水の中でも、高い塩分濃度溶液が浸透することで、さらに透水係数は大きくなる。イオン交換水, 塩水ともに透水係数は乾燥密度の増加とともに減少する。

参考文献 1) Siemens, G., Blatz, J.A.; Development of a hydraulic conductivity apparatus for bentonite soils, Canadian Geotechnical Journal, Vol 44, 8, pp. 997-1005(9), 2007. 2) Jo, H Y., Benson, H., Craig, H. and Edil, T B.: Hydraulic conductivity and cation exchange in nonprehydrated and prehydrated bentonite permeated with weak inorganic salt solution, Clays and Clay Minerals, Vol 52, 6, pp. 661-679, 2004. 3) Cui, Y J., Tang, A M., Loiseau, C. and Delage, P.: Determining the unsaturated hydraulic conductivity of a compacted sand-bentonite mixture under constant-volume and free-swell conditions, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 33, Supplement 1, pp.S462-S471, 2008.