

高サクション領域における乾燥・湿潤を受けたベントナイト・砂混合土の膨潤圧

大成建設 正会員 ○本島 貴之 磯さち恵
足利大学 正会員 西村 友良

1. はじめに

地層処分の一部を構成する人工バリアの設計を行う際には、安全性確保を念頭に人工バリアが地下空間で受ける多様な外的要因が抽出される。確度の高い外的要因を考慮した人工バリアの性状の変化予測を行うためには、継続的に試験方法の改善・開発を進めることも重要である¹⁾。本研究はベントナイトと砂質材料を混合した不飽和状態の供試体に湿度制御による高サクション作用の増減を与えた。乾燥・湿潤履歴を受け、含水比、乾燥密度が変化したベントナイト・砂混合体の膨潤圧とサクションおよび乾燥密度の関係について明確にする。

2. 試料・実験方法

膨潤圧測定に用いた試料はカルシウム型ベントナイト(クニボンド)と三沢砂の混合土である。クニボンドと三沢砂を乾燥質量比 7:3 で混合して含水比 20.0% に調整し、乾燥密度 1.650g/cm^3 、飽和度 81.91% として静的に締固めた。供試体寸法は直径 60mm、高さ 20mm とした。湿度制御・サクション制御による供試体内の含水比分布測定に使用した資料は上記の試料に加え、ナトリウム型ベントナイト(クニゲル V1) である。珪砂(呼び名 3号, 5号)を用い、乾燥質量比 5:5 で混合した。珪砂は 3号と 5号を同量で混合した。含水比は 18.0%、乾燥密度 1.500Mg/m^3 、 1.600Mg/m^3 とし、剛性モールド内で試料を静的締固めで作製した。供試体寸法は直径 38mm、高さ 76mm とした。

本研究ではまず蒸気圧法によってサクション制御を受けたベントナイト・砂混合体を用いて膨潤圧測定を実施した。続いてサクション制御を与えた場合の含水比分布検証を行った。供試体を納めたモールドの上下に湿度制御した空気循環可能なシステムを写真-

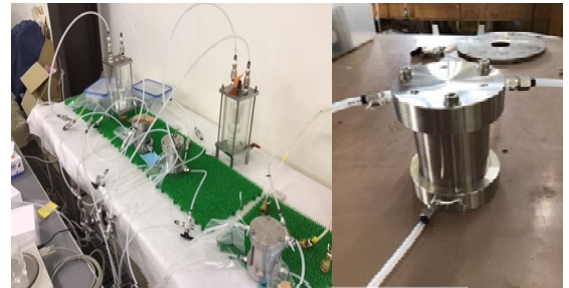


写真-1 湿度制御循環システム

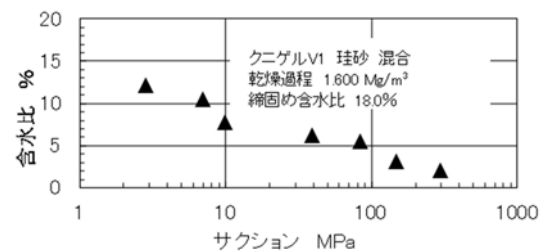


図-1 水分保持曲線

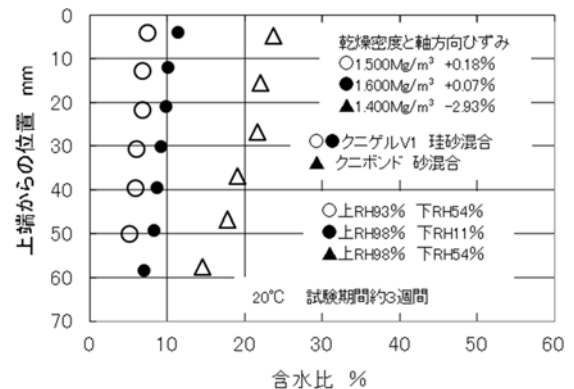


図-2 含水比分布(異なるベントナイト、乾燥密度)

1に示す。ポンプ、塩過飽和溶液を納めた容器、空気経路を設けたポーラスストーン装着のプレートとモールドから構成されている。蒸気圧法で湿度制御した気体が供試体端面に接触するように配管経路の設計がされている。供試体上下端から内部のサクションは制御サクション値に平衡し、制御サクション値に応じた水分量へ移り変わる。膨潤圧測定には塩水腐食対応の膨潤圧測定装置を用いた。蒸気圧法で 2.8MPa から 296MPa(湿度 98%から 11%)の繰返し乾燥・湿潤作用を受けたベントナイト・砂混合体に対して、供試体下部からイオン交換水または塩分濃度 0.8%の塩水を浸透させ定体積膨潤圧を計測した。

3. 境界面で異なる湿度制御を受けた場合の含水比分布

サクション範囲 2.8MPa から 296MPa、温度 20 度環境下のクニゲル V1 と砂混合体の水分保持曲線を図-1に示す。含水比は 12.2%から 2.1%であり、サクション増加で水分量の明確な減少が得られている。ナトリウム型、カルシウム型ベントナイト・砂混合体に上下境界面に異なる湿度制御を与えた場合の含水比分布を図-2に示す。ナトリウム型ベントナイトは2条件の乾燥密度も用意した。供試体下面は低い湿度気体と接していたために下部から上部に向けて

キーワード ベントナイト, 膨潤圧, サクション, 湿度

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)原子力本部 TEL03-5381-5315

含水比が増大する分布が得られた。上下部の既知の湿度と測定された含水比の値は図-1に示した水分保持曲線結果に整合している。よって蒸気圧法による供試体周囲の湿度制御は供試体内部に浸透しているといえる。図-3はモールド全体を60°Cに制御した恒温室内に設置した場合を示している。同一供試体の20°Cの測定結果とは異なり、含水比が1.27%から0.08%まで低下しており高温によって乾燥が進行したと考えられる。また試験後の軸方向ひずみ(収縮は正值)図中に示す。

4. 繰り返し乾燥・湿潤作用を受けた場合の膨潤圧

カルシウム型ベントナイト・砂混合体に蒸気圧法によって繰り返し乾燥・湿潤作用を与えた。条件はサクシオン範囲が2.8MPaから296MPa、温度20度環境下である。得られた水分保持曲線を図-4, 5に示す。含水比とサクシオンの関係(図-4)に関して、乾燥・湿潤作用の繰り返しによって保水能力が低下し、含水比の値が減少していることがわかる。乾燥密度も乾燥・湿潤作用の繰り返しによって変化し、逐次密度を低下(図-5)させており、密度の低下は間隙構造の変化を示唆している。また繰り返し乾燥・湿潤作用を受けても、含水比、乾燥密度のサクシオン値依存性は歴然として保持されている。図-4, 5の図中△記号の供試体に対して、定体積膨潤圧試験を実施した。浸透水はイオン交換水であるが、ただし、サクシオン6.9MPaと296MPaのベントナイト・砂混合体については、塩水(塩分濃度0.8%)を用いた。サクシオン296MPaの供試体を用いて、膨潤圧に与える塩水浸透による影響を検証した(図-6)。供試体のサクシオン値が増大するに従い膨潤圧が明確に増加していることがわかる。またその関係は片対数座標上で直性的な関係と推察出来る。一方、サクシオン296MPaの供試体の場合、2849.5kPaの膨潤圧が塩水浸透によって1630.2kPaまで減少している。塩水浸透を受けたサクシオン6.9MPaの供試体の膨潤圧は、サクシオン2.8MPa, 9.8MPaで示された膨潤圧を参考にした場合、下回っているといえる。乾燥密度と膨潤圧の関係(図-7)では、膨潤圧に与える乾燥密度依存性が明確であり、密度増加保持曲線結果が膨潤圧増大を引き起こしているといえる。密度依存性は浸透水が塩水の場合にも存在する。

5. まとめ

本研究はベントナイトと砂を混合して作成した不飽和状態の供試体に湿度制御による高サクシオン作用の増減を与えた。繰り返し乾燥・湿潤作用を受けたベントナイト・砂混合土は含水比、乾燥密度の低下を示した。その後の最大膨潤圧は乾燥密度の増大とともに増加を示す一方で、塩水の浸透で膨潤圧は減少を示した。また蒸気圧法を用いた湿度・サクシオン制御を行い供試体上下面で異なる湿度・サクシオン制御を行った場合の供試体内含水比分布を検証した。

参考文献 1) Oldecop, LA., Alonso, EE.: Testing Rockfill Under Relative Humidity Control, Geotechnical Testing Journal, Volume 27, Issue 3, 10, 2004.

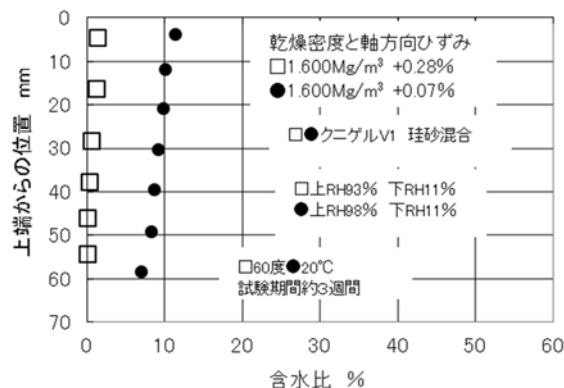


図-3 含水比分布(20°C, 60°C)

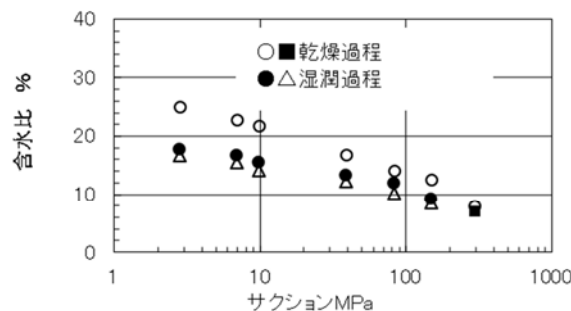


図-4 水分保持曲線(含水比)

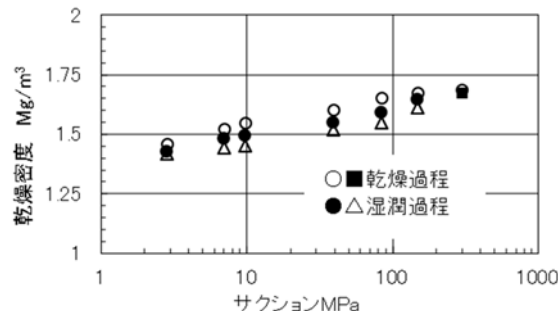


図-5 乾燥・湿潤による乾燥密度の変化

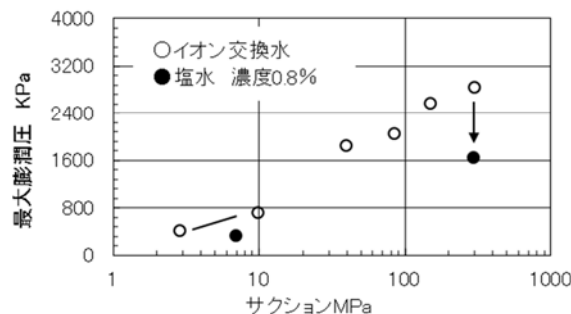


図-6 サクシオンと最大膨潤圧の関係

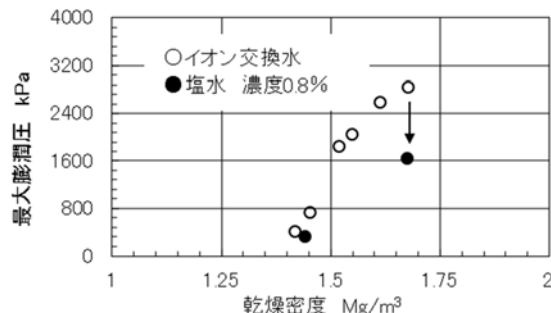


図-7 乾燥密度と最大膨潤圧の関係