

III-155

砂とベントナイト混合材料の膨潤特性に関する一考察

(財)電力中央研究所 ○小峯秀雄 緒方信英

地質工学(株) 菅原 宏

ソフテック(株) 伊藤 操

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設、特に放射能レベルのあまり高くない廃棄物処分施設においては、難透水性、核種の吸着性等の観点から、砂とベントナイトの混合材料の利用が考えられている¹⁾。筆者らは砂とベントナイトの混合材料の透水特性について調査・検討を実施しており既に報告している^{2) 3) 4)}。一方、この混合材料の透水特性把握の他にも、処分施設の力学的安定性の面から膨潤特性についても調査する必要がある。本研究では砂とベントナイトの膨潤特性について実験的検討を行い、その特性を統一的に解釈できる有効ベントナイト間隙比⁵⁾を提案し、考察している。

2. 試料および実験方法

試料はモンモリロナイト含有率が48%のNa型のベントナイトと三河珪砂6号(粒径74~2000 μ m)を混合したものとし、ベントナイト配合率(全試料乾燥質量に対するベントナイトの乾燥質量の百分率)を5%, 10%, 20%, 30%, 50%の5種類とした。実験は砂とベントナイトの混合材料が膨潤変形しないよう拘束した状態で膨潤圧を測定する試験(以下、膨潤圧試験と記述する。)と一定の鉛直圧下における一次元膨潤変形量を測定する試験(以下、膨潤変形試験と記述する。)の2種類を行った⁵⁾。試験装置の詳細については文献3), 4)を参照されたい。膨潤圧試験は所定のベントナイト配合率に調整した試料を最適含水比(表-1参照)で所定の乾燥密度に締固めセットする。そして、鉛直方向の変形を拘束した状態で試料下部から0.1kgf/cm²の水頭で蒸留水を吸水させ、その際供試体の体積変化が生じないように三軸セル内の側圧を制御し、鉛直方向の膨潤圧の経時変化を計測する。膨潤変形試験は試料を最適含水比で所定の乾燥密度に締固めて、鉛直圧として0.4kgf/cm²もしくは1.0kgf/cm²を作用させた状態で供試体下部から0.1kgf/cm²の水頭で給水を開始し、各鉛直圧下で膨潤変形を発生させ、その変位量を経時的に測定する。なお、供試体作製時の高さはいずれも1.0cmとした。

3. 実験結果

図-1は膨潤圧試験により得られた最大膨潤圧とベントナイト配合率の関係を示す。この図からわかるようにベントナイト配合率と乾燥密度の増加に伴い、最大膨潤圧は増加している。すなわち、最大膨潤圧は供試体のベントナイト量に支配されるものと考えられる。図-2は膨潤変形試験により得られた最大膨潤率とベントナイト配合率の関係を示す。なお最大膨潤率は膨潤率(=一次元膨潤変形量/供試体初期高さ×100)の経時変化曲線に対して双曲線近似を行い、その漸近線の値と定義した⁴⁾。この図からも明らかなように最大膨潤率も最大膨潤圧と同様ベントナイト配合率および乾燥密度の増加に伴い増す。

表-1 各ベントナイト配合率における最適含水比

ベントナイト配合率 (%)	最適含水比 (%)
5	19.4
10	17.6
20	17.0
30	14.6
50	17.5

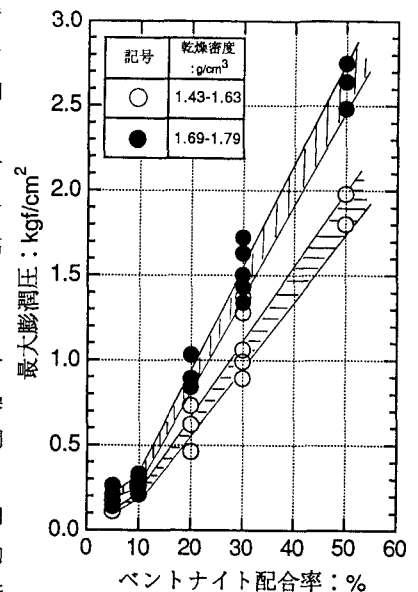


図-1 最大膨潤圧とベントナイト配合率の関係

4. 有効ベントナイト間隙比の提案と膨潤特性に関する考察

図-1, 2に示すように、砂とベントナイトの混合材料の膨潤特性はベントナイト配合率と乾燥密度の両方の影響を大きく受ける。これは供試体中のベントナイト量が膨潤特性に対して支配的であることを示唆し、新しいパラメータを導入することにより膨潤特性を統一的に解釈できるものと考えられる。そこで砂とベントナイト混合材料の構成モデルを考え、有効ベントナイト間隙比 e_b と定義する間隙体積とベントナイト体積の比に基づき図-1, 2を整理する。

e_b は以下ようになる。

$$e_b = \frac{100 G_B}{\alpha} \left\{ \left(1 + \frac{\varepsilon}{100} \right) \frac{\rho_w}{\rho_d} - \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right) \frac{1}{G_s} \right\} - 1 \quad (1)$$

ここに、 G_B ：ベントナイトの比重、 α ：ベントナイト配合率（%）、 ε ：膨潤率（%）、 ρ_w ：水の密度（ g/cm^3 ）、 ρ_d ：砂とベントナイトの混合材料の乾燥密度（ g/cm^3 ）、 G_s ：砂の比重

この e_b を用いて先の膨潤圧試験および膨潤変形試験の結果を整理したものが図-3である。膨潤変形試験の結果については、膨潤変形が終了した状態において供試体の有する膨潤圧と鉛直圧が釣り合っていると考えられる。したがって、膨潤変形試験の結果については、最大膨潤率を発生した状態における e_b を計算し、その時の鉛直圧を膨潤圧と考えて整理している。

図-3から膨潤圧と有効ベントナイト間隙比 e_b とは良好な相関関係にあると言え、この新しいパラメータを用いれば膨潤特性を統一的に解釈できると考えられる。また、図-3によれば e_b より膨潤圧と膨潤変形が簡易に評価できるものと考えられる。すなわち砂とベントナイトの混合材料の乾燥密度とベントナイト配合率および $\varepsilon = 0$ を式（1）に代入して e_{b0} を算出し、

図-3より膨潤変形しないように拘束したときの膨潤圧 P_0 が求められる。また、ある鉛直圧 P' での膨潤変形は、図-3より P' に対応する $e_{b'}$ を求め、それに相当する膨潤率 ε を式（1）から計算することができる。

参考文献 1) Pusch, R. (1982): Mineral-water interactions and their influence on the physical behavior of highly compacted Na-bentonite, Jour. Can. Geotech. Vol.19, No.3, pp.381-387 2) Komine, H. Ogata, N. et al. (1991): Permeability and Mechanical Properties of Bentonite-Sand Mixture for Sealing LLW Repositories, SMIRT11 Transactions Vol. SD1 3) 小峯, 緒方, 菅原(1991): 「砂とベントナイトの混合材料の透水係数」, 土木学会第46回年次学術講演会, pp.884-885 4) 小峯, 緒方, 菅原(1992): 「砂とベントナイトの混合材料の膨潤変形前後の透水係数」, 土木学会第47回年次学術講演会, pp.666-667 5) Ogata, N. Komine, H. (1993): Permeability Changes of Bentonite-Sand Mixture before and after Swelling, SMIRT12

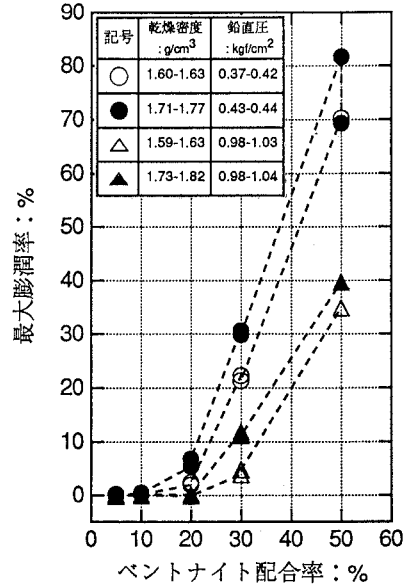


図-2 最大膨潤率とベントナイト配合率の関係

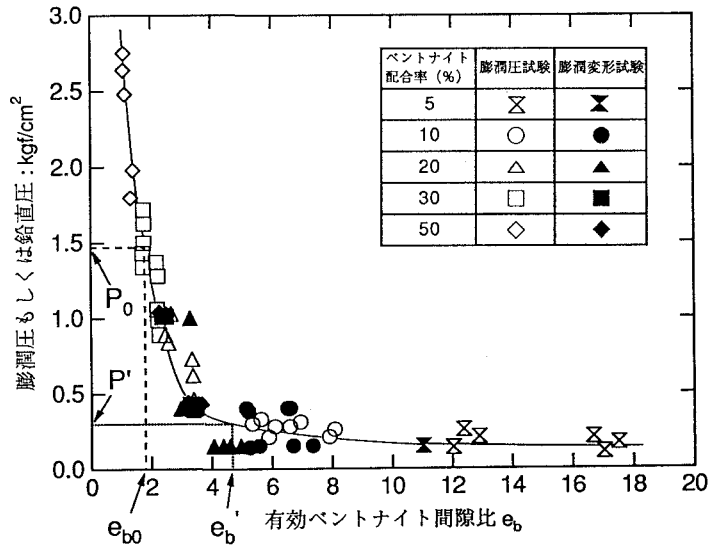


図-3 膨潤率と有効ベントナイト間隙比の関係