

立命館大学理工学部 正会員

勝見 武

立命館大学大学院

学生会員 ○酒向孝明

立命館大学大学院 学生会員

中尾彰秀

立命館大学理工学部 正会員

深川良一

1. 緒言

我が国では廃棄物処分場を山間部につくらざるを得ないケースが多く、遮水工として締固め粘土ライナーを適用する場合、含水比の上昇がもたらすせん断強度の低下を考慮して処分場全体の構造安定性を検討する必要がある。嘉門ら¹⁾は、豊浦砂や深草粘土にベントナイトを混合した締固め粘土ライナーの水分移動特性と強度特性について検討しているが、現地で入手しやすい土材料を粘土ライナーとして用いた場合の検討例は少ない。そこで本研究では、西日本に広く分布するまさ土を用いたベントナイト混合土の諸特性を把握するとともに、粘土ライナーの水分上昇がせん断強度に与える影響を室内試験により実験的に検討した。

2. 材料および締固め特性

本研究では締固め粘土ライナーを想定して、まさ土（大阪市比叡平より採取、平均粒径 0.75 mm、土粒子密度 2.47 g/cm^3 ）にベントナイト（株式会社ホーゲン製スーパークレイ、液性限界 565.1%、塑性限界 38.2%）を乾燥質量比で 16.5%（湿潤質量比で 15%）添加した混合土を用いた。締固め試験（JIS A 1210、非繰返し法）により求めた混合土の締固め特性を図 1 に示す。まさ土の最適含水比は 15.2%、最大乾燥密度は 1.77 g/cm^3 であったが、ベントナイトを混合することにより最適含水比 7.5%、最大乾燥密度 1.66 g/cm^3 となり、ともに低下した。以下の透水試験、保水性試験、一面せん断試験には、最大乾燥密度となるよう作製した供試体を用いた。

3. 透水特性

透水試験には柔壁型透水装置を用いた。供試体の直径は 6 cm、高さは 2 cm とし、セル圧 30 kPa の条件下で供試体上下端に 45 の動水勾配を与えた。透水試験終了の基準は累積流入流量が 50 mL（間隙体積は 27 mL）以上かつ流入流量と流出流量の比が 1.25 以下になった後とした。結果を図 2 に示す。4 つの供試体に対し、それぞれ 49、35、20、19 日間透水を行った。なお、累積流入量が約 60 mL までは流入量が多いため流入量と流出量の比が大きいが、60 mL 以上になると、透水試験終了の基準の 1 つである 1.25 以下になり、徐々に 1 へと収束した。また、4 個の供試体から得られた透水係数は全て $2.0 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ 程度で、透水係数が精度良く求められたと言える。さらに、混合土は我が国の遮水工の基準である透水係数 10^{-6} cm/s 以下と言う条件を満たしている。

4. 保水特性

保水性試験には加圧板法を採用した。試験方法は文献

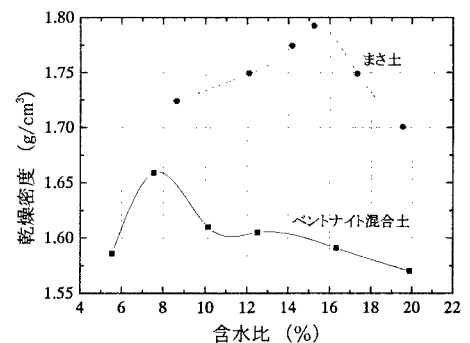


図1 締固め試験結果

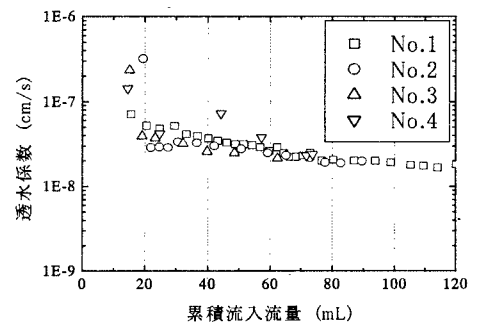


図2 透水試験結果

1)と同様の方法によっており、飽和させた供試体に対し、1～1300 kPa までの範囲で23段階の空気圧を与えたときの排水量を計測し、含水比を逆算した。各段階での加圧時間は24時間を目安とした。得られた水分特性曲線を図3に示す。文献¹⁾に報告されている豊浦砂、豊浦砂とベントナイトの混合土、深草粘土とベントナイトの混合土の結果を併せて示す。深草粘土、豊浦砂を最適含水比で締め固めた場合のマトリックサクシオンはいずれも約600 kPaであるが¹⁾、まさ土とベントナイトの混合土を最適含水比で締め固めた場合のマトリックサクシオンは、用いた実験装置で測定しうる最大のマトリックサクシオン値の1300 kPaを超えており、求めることができなかった。そのため、まさ土とベントナイトの混合土は、豊浦砂や深草粘土のベントナイト混合土より吸水力が高いことがわかる。これは、豊浦砂や深草粘土は粒径が比較的均一であるが、まさ土は粒度の範囲が広く、また締め固めの際に粒子が破碎するため間隙が小さくなり、マトリックサクシオンの増加に寄与したと考えられる。

5. せん断特性

一面せん断試験は粘土ライナー内部でのせん断について行った。所定の垂直応力(50、100、150、200 kPa)で圧密した後、せん断速度0.05 cm/sでせん断変位を与えた。試験に用いた供試体は、(a) 最適含水比で締め固めた直後のもの、(b) 自然含水比のまさ土に接触させ一週間放置したもの、(c) 透水試験後のもの、の合計3種類とした。

(b)で接触期間を一週間としたのは、混合土の含水比上昇が一週間ではほぼ収束したためである。それぞれの供試体に対する拘束圧とせん断強さの関係を図4に示す。最適含水比で締め固めた直後では $c = 50.9$ kPa、 $\phi = 45.5^\circ$ であったが、湿潤土に接触させて1週間放置した供試体は含水比が若干上昇し($w = 12.3 \sim 14.9\%$)、強度パラメータは $c = 46.7$ kPa、 $\phi = 39.7^\circ$ でわずかに低下した。一方、透水試験に使用した供試体は $w = 37.2 \sim 39.5\%$ 、 $c = 10.8$ kPa、 $\phi = 28.8^\circ$ で、含水比の増加による著しい強度低下がみられた。図3より各供試体の含水比におけるマトリックサクシオンを比較すると、透水試験後ではサクシオンは消失した状態である。湿潤土に接触させて1週間放置した供試体のサクシオンは依然として非常に高く、基盤の条件によってはさらなる吸水が予想される。したがって構造安定性の検討にあたっては、現地の条件から粘土ライナーが有しうる含水比の評価が重要と考えられる。

6. 結言

まさ土を用いたベントナイト混合土の透水係数は 2.0×10^{-8} cm/s程度であり、粘土ライナーへの適用が可能と考えられる。せん断強度は粘土ライナーの含水比に依存し、特に粘土ライナーが過飽和の場合、せん断強度は著しく低下する。したがって、構造安定性の検討にあたっては粘土ライナーが有しうる含水比の予測が重要と考えられる。保水性試験の実施にあたりご配慮いただきました嘉門雅史教授(京都大学)および稲積真哉氏(京都大学)に感謝いたします。

参考文献

- 1) 嘉門雅史・勝見 武・乾 徹・森本哲夫(2002): ベントナイト混合土の内陸廃棄物処分場遮水工への適用性評価, 材料, Vol.51, No.1, pp.36-41.

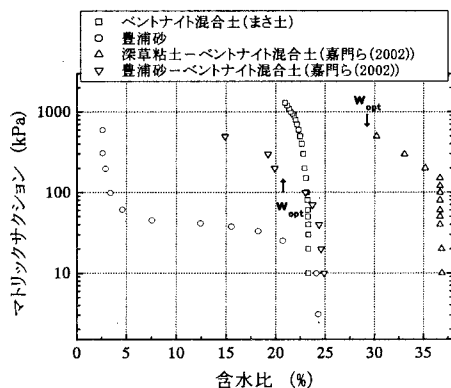


図3 保水性試験結果

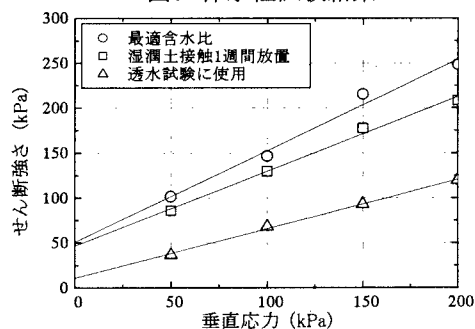


図4 せん断試験比較図