

圧縮ベントナイトの体積変化および水分量の変化に与える温度の影響

足利工業大学 正会員 西村 友良

東京大学 生産技術研究所 正会員 古関 潤一

1 まえがき

放射性廃棄物の地層処分には締め固めた圧縮ベントナイトが人工バリアとしてその構造体を形成する。人工バリアの長期安全性を詳細に検討するには、力学的要因、環境の変化を想定する必要がある。地下空間の湿度・温度変化も影響因子の一つである。湿度増加はベントナイト中のサクシオン低下を引き起こし、水分量を増大させることが知られている。一方、ベントナイトが温度増加を受けた際の体積変化や平衡状態に至る挙動については十分に解明されていない。本研究では、締め固めたベントナイトに湿度一定条件で温度増加を与えた時のベントナイトの体積変化ならびに水分量の変化について検討する。

2 試料・試験方法

試料にはベントナイト Na 型クニゲル V1 を用いた。クニゲル V1 の土粒子の密度は 2.733g/cm^3 で、化学組成は SiO_2 69.7%、 TiO_2 0.14%、 Al_2O_3 15.8%、 Fe_2O_3 1.69%、 MgO 2.19%、 CaO 2.00%、 Na_2O 2.04%、 K_2O 0.24% である。試料の含水比を 6.0% に調整し、目標乾燥密度を 1.60g/cm^3 として、内径 6cm、高さ 2cm の締め固め用モールドを用いて静的に締め固めた。供試体の初期寸法(直径、高さ)と質量を測定した後、写真-1 のように過飽和硫酸カリウム溶液を用い蒸気圧法で湿度 98% の環境下(サクシオン 2.8MPa) に供試体を置いた。供試体寸法の測定はノギス(最小目盛り 0.05mm : JIS B 7507)

を用いて行い、質量測定と合わせて諸量(含水比、乾燥密度、飽和度)を求めた。測定期間は少なくとも 180 日以上とした。温度条件は 20°C 、 30°C 、 40°C 、 50°C 、 60°C の 5 条件である。ベントナイトの体積変化測定については、西村ら¹⁾が直径 5cm、高さ 10cm、乾燥密度を $1.413\text{g/cm}^3 \sim 1.617\text{g/cm}^3$ 、湿度 98%、75%、33%、温度 20°C の条件で試験を実施している。また、締め固めていない粉末状の Na 型クニゲル V1 にも同じ湿度・温度条件で質量変化を測定し、水分量の変化に与える締め固め作用の有無の違いについて検討している。図-1 には西村ら¹⁾が報告した体積ひずみの結果に 600 日以降の測定結果を追加している。図-1 中の○△は湿度 98%、●は湿度 75%、□◆は湿度 33% である。湿度が高い方が膨張性は大きく、湿度 98% の場合は 35% 程度の体積ひずみを示している。また湿度が低い場合に平衡状態に至る日数は短い。

3 実験結果

湿度 98% 一定で 20°C から 60°C に温度増加した場合の体積ひずみを図-2 に示す。温度の大きさに関わらず湿度 98% の環境下で供試体は体積膨張を示している。体積膨張は供試体の初期サクシオンに比べ、湿度 98% のサクシ



写真-1 蒸気圧法による湿度制御

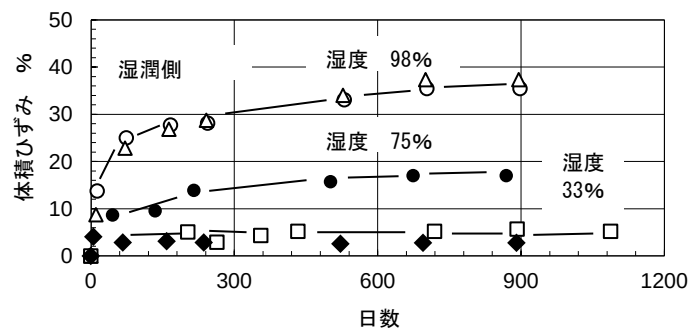


図-1 体積ひずみの変化

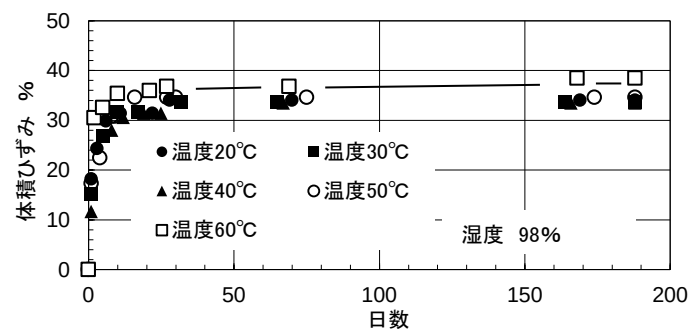


図-2 体積ひずみの変化

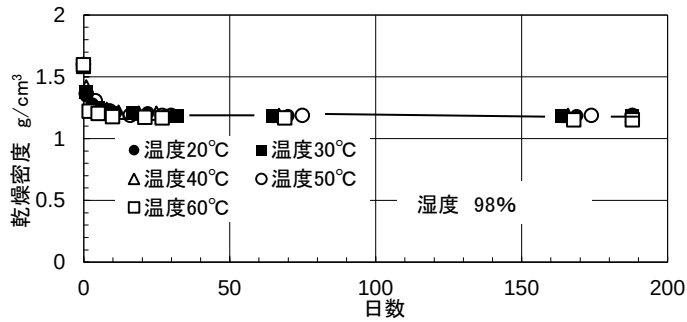


図-3 乾燥密度の変化

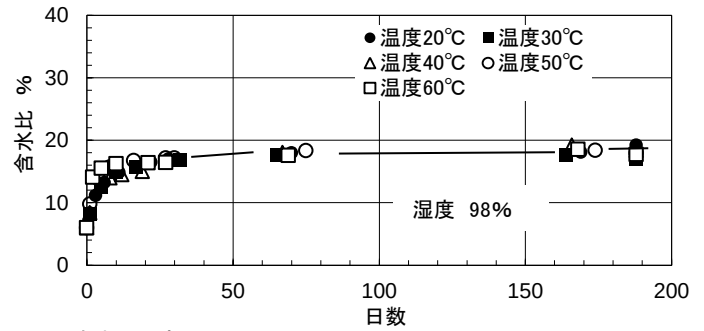


図-4 含水比の変化

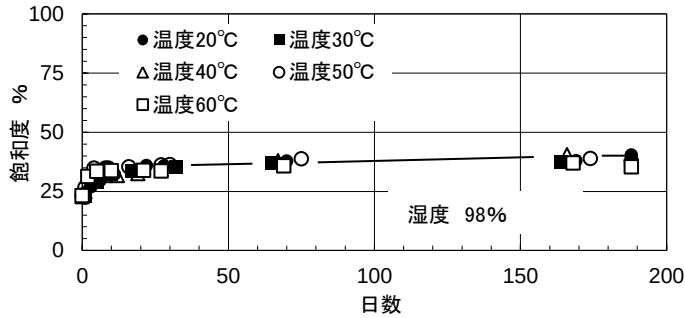


図-5 飽和度の変化

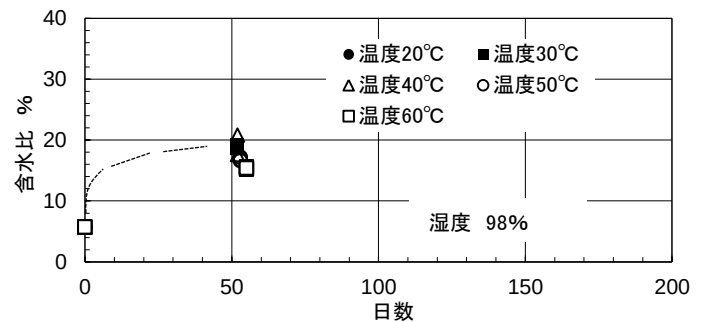


図-6 含水比の変化



写真-2 測定開始から188日の供試体上面の様子 (左から20℃、30℃、40℃、50℃、60℃)

ョン (2.8MPa) が低いためである。試験開始後 20 日間で供試体は大きく膨張を示している。最も大きい体積ひずみを示したのが 60℃の場合であるが、60℃以外の温度では、体積ひずみと温度の間に定性的な傾向は見受けられない。50 日を過ぎると、体積ひずみの増分は極めて小さく、180 日まで体積ひずみの明確な増加は見られない。図-3 には乾燥密度の経日変化を示す。1.60g/cm³ の初期乾燥密度が試験終了時点には、1.15g/cm³ まで低下し、温度の影響は見られない。次に水分量の変化を含水比の変化として図-4 に示す。体積ひずみの変化と同じように、試験開始後 20 日の間に含水比が明確に増大している。20 日以降は緩やかな増加を示し、20% 近くまで含水比が増加している。水分量の経日変化も温度の影響は明瞭に確認することが出来ない。また飽和度の変化においても図-5 のように増大はしているが、温度増加の影響は確認できない。締固めを行わない粉末状の試料の含水比の変化を図-6 に示す。測定開始後 50 日を経過してから含水比を測定している。締固めた供試体の経日変化 (図-4) からほぼ平衡状態に到達していると考えられる。含水比の値は 15% から 20% の範囲にあり、温度との定性的な関係は見当たらない。また測定日数を増せば一定値に収束するか否かは判断できないが締固めた供試体よりも含水比の値にバラツキがある。写真-2 には試験開始から 188 日のベントナイト供試体上面の様子を示している。20℃ の場合表面にクラックが見られないが、30℃ になるとクラックのような形跡が見られる。さらに温度が上がり 40℃ になると亀甲状のクラックが見られ、50℃、60℃ では明確な亀甲状のクラックが確認される。50℃ と 60℃ を比べると 60℃ の方がクラックの幅が大きく、クラックが鮮明に確認できる。しかし、どの温度条件でも供試体の形状が崩れるには至っていない。

4 まとめ 蒸気圧法によって異なる湿度 98% 一定条件下で圧縮ベントナイトに 20℃ から 60℃ へ温度増加を与えた。体積変化や水分量の変化と温度との間に定性的な関係を把握することが出来なかった。一方、20℃ から高温へ環境が変化するとクラックが発生しやすくなる。

参考文献 1) 西村友良, 古関潤一: 締固めたベントナイトの体積変化に与える湿度・温度の影響, 第 49 回地盤工学研究発表会 (北九州市), 2014. 投稿中