

エタノールベントナイトスラリーの圧密特性に関する研究

岡山大学	正会員	西垣 誠	小松 満
岡山大学院	正会員	見掛 信一郎	
岡山大学院	学生会員	田岡 洋	○中島 朋宏

1. はじめに

現在、世界的に最も有効な放射性廃棄物の処理法として地層処分が検討されている。また、大深度の岩盤中に掘削を行った場合、応力の解放により亀裂が生じ高透水性ゾーンとなるゆるみ領域が発生することが問題点として挙げられる。また予期せぬ断層の移動などにより、同様にゆるみ領域が発生する。これらに対しグラウトを行い、透水性を下げる必要があり、また放射性物質の半減期の長さから、難透水性を長期間保つ必要がある。そのためグラウト材として、水と混合すると膨潤し難透水性を示し、また天然材料であるため変化しないベントナイトを用いることが考えられている。そこで本研究では、グラウトの際に生じる目詰まりに着目し、それによる圧密現象の結果、注入圧により間隙比がどのように変化を実験的に調査を行った。

2. 試料

用いた試料は山形産 Na 型ベントナイトであり、比重は約 2.70 である。最大粒径は約 $100\mu\text{m}$ であり、60% エタノールを重量比 1:1.2（ベントナイト：エタノール）で混合しスラリーを作成した。

3. 試験方法

試験装置を図-1 に示す。試験装置は水との置換による膨潤を防ぐためスラリー作成に用いた 60% エタノールで満たす。エタノールを用いた試験で問題となるのはエタノールの蒸散である。そのため上部をラップで覆い、また圧密試験¹⁾で定義されている 24 時間の載荷を連続して行えばそれだけエタノールの蒸発量も多くなる。このため本試験ではエタノールの蒸散をできるだけ少量にするため載荷時間を短縮し 12 時間の載荷とし、5 段階の載荷を行った。また圧密試験の沈下量と対数時間とのグラフの結果からキャラクサンデ法を用いて各載荷段階での圧密係数 C_v 、体積圧縮係数 m_v を求め、透水係数を求める。以下に各パラメーターと透水係数の算定方法²⁾について示す。

i) 圧密係数 沈下量と対数時間のグラフから、中間部分と終端部分の近似直線の交点の沈下量を d_{100} とする。また $4t_a = t_b$ となる各時間に対する沈下量を d_a, d_b とし、計算式 $d_0 = 2d_a - d_b$ から d_0 を求める。 d_0 と d_{100} の中点が d_{50} であり、それに対応する時間が t_{50} である。排水距離はその圧密段階の平均値とし、また両面排水であるためその半分の距離をとる。これらの値から次式より圧密係数を求める。

$$C_v = \frac{T_{50} \bar{H}_n^2}{t_{50}} \quad (3.1)$$

ii) 体積圧縮係数 n 番目の荷重による圧縮ひずみ増分 $\Delta \varepsilon_n$ は、各段階での供試体の平均高さ $\bar{H}$ と圧密量 ΔH_n から式 $\Delta \varepsilon = \Delta H_n / \bar{H}_n$ で求め、体積圧縮係数は $\Delta \varepsilon_n$ とその段階の圧力増分を用いて、次式より求める。

$$m_v = \Delta \varepsilon_n / \Delta P_n \quad (3.2)$$

iii) 透水係数 次式に計算式を示す。

$$k = \rho m_v C_v \quad (3.3)$$

ここで、 ρ ：水の密度(g/cm^3)

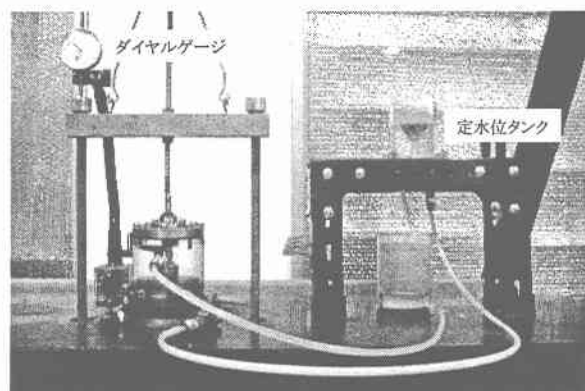


図-1 試験装置

4. 試験結果および考察

各载荷段階における経時的な沈下量を図-2に、 $e-\log P$ 曲線を図-3に、透水係数と間隙比の関係を図-4に示す。また载荷前 ($e=3.76$) と最終载荷終了後 ($e=1.32$) のスラリーを図-5に示す。図-2から資料は乱した粘土であるため、初期载荷段階で大きく圧密している。図-3からは $e-\log P$ 曲線はほぼ線形であり、エタノールベントナイトスラリーが正規圧密状態であることを示している。図-4からは間隙比の減少に伴い透水係数が低下しているのがわかる。その値は間隙比2.35でも 10^{-7}cm/s のオーダーであり低い透水性を示している。またベントナイトは水を吸着し透水性を低下させる性質を持っているため $1.0 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ より低い透水係数になると予想される。しかしここで求めた透水係数は正確な値ではない。その理由として、ここで用いた圧密係数は1次圧密に関する値である。2次圧密に関する値 C_v もあるが、実際の実務でこの透水係数を用いられることはほとんどない。またキャラクサンデ法は誤差が大きく、圧密係数を大きく見積もってしまうことなどが挙げられる。そのためここでは一つの参考データとして取り扱う。

5. まとめ

本研究では、グラウト材料として長期的に安定した止水効果が期待できるベントナイトを使用し、溶液としてエタノールを用いた。そしてグラウトの際に生じる目詰まりに着目し、それによる圧密現象の結果、注入圧により間隙比がどのように変化を実験的に調査を行った。その結果を以下にまとめる。

- ① 10.4 kPa のような小さな圧力でも目詰まりが生じた際には圧密が生じ間隙比が減少する。
- ② 間隙比の低下により、同時にその透水性も低下し、難透水性を示す。

ここで、問題となるのはどの程度の亀裂幅にどの程度注入可能かである。そのため今後の課題として、ベントナイトの粒径や配合条件から注入可能な亀裂幅を把握する必要がある。

【参考文献】

- 1) 土質工学会：土質試験の方法と解説，pp.271-316，1991.
- 2) 土質工学会：土の圧密入門，pp.117-130，1993.

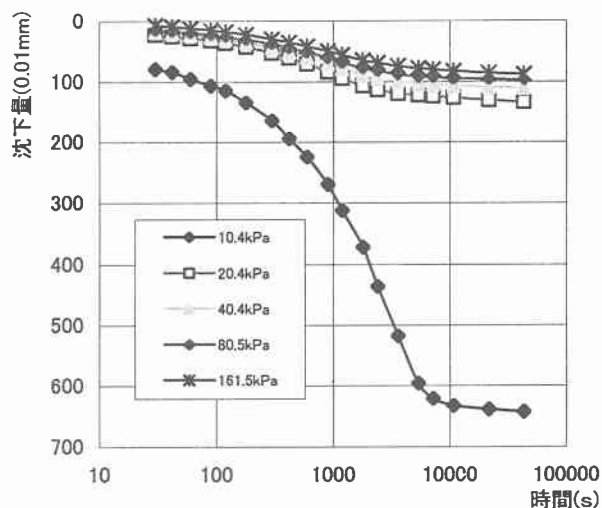


図-2 d-log t 曲線

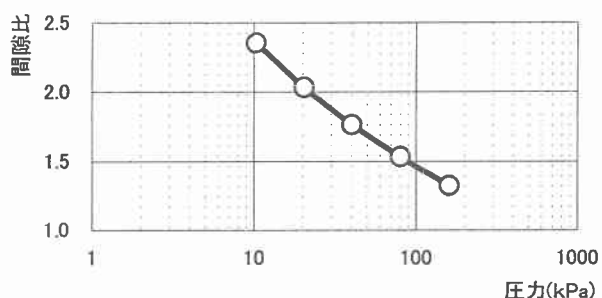


図-3 e-log P 曲線

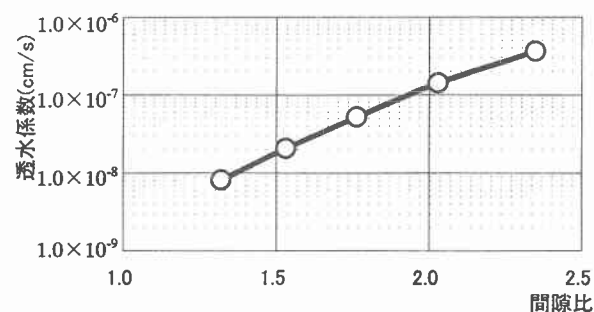


図-4 間隙比と透水係数



図-5 圧密前後のスラリー