

エタノール/ベントナイトスラリーの止水充填モデル試験

清水建設株式会社技術研究所 正会員 浅田素之
正会員 堀内澄夫

1. はじめに

ベントナイトは、止水材料として掘削泥水・廃棄物処分場のクレーライナー等土木分野で広く用いられており、放射性廃棄物地層処分システムのバフファ材料としての使用が検討されている。クレーライナーでは粉末ベントナイトを土と混合する、バフファ材料では粉末ベントナイトを締め固めてブロックとするなど、粉末ベントナイトを利用して施工する。しかし、空隙の充填等には粉末ベントナイトを用いての施工は困難なため、ポンプ打設可能な高密度のベントナイトスラリーが要望されていた。

当社は、エタノールを用いて高密度ベントナイトスラリーとする方法を考案し、検討を進めている^{1), 2), 3)}。本報では、地下水で満たされた空隙にエタノール/ベントナイトスラリーを止水充填するためのモデル試験を実施し、止水材料として高い適用性を確認した。

2. 検討方法

2.1 実験材料

ナトリウム型ベントナイト：クニゲル V1（クニミネ工業社製） 土粒子の密度 $\rho_s=2.72(\text{g/cm}^3)$

エタノール：工業用 95vol% 合成アルコール 密度 $\rho=0.82(\text{g/cm}^3)$ (15)

ベントナイト 564kg/m^3 、エタノール 450kg/m^3 、水 244kg/m^3 を混合し、空隙中のエタノール濃度 60 質量% のスラリーとした。密度 $\rho=1.24(\text{g/cm}^3)$ 、粘度 $\mu=440(\text{mPa}\cdot\text{s})$

2.2 実験方法

地下水で満たされた空隙を再現するため、図 1 のように水槽内に内容積 64L（長さ 160cm × 幅 40cm × 高さ 10cm）の亚克力製モデル充填層を 30° 傾けて設置した。最大吐出圧 1MPa の 1 軸スクリーポンプを用いて 4.65L/min の速度でスラリーを充填した。充填層下部には透水性パネルを設置し、スラリーと水が接触できる構造とした。下部パネルに土圧計を設置し、膨潤圧を測定した。1 か月放置後、モデル充填層を解体し、スラリーの乾燥密度、含水比、エタノール濃度、せん断強度分布を測定した。また、採取した試料の圧密試験(JSFT 311)を実施した。

3. 実験結果

充填試験に先立ち、スラリーのポンプ圧送性を調べた。2 インチホースを用いて流量を $10.5\text{m}^3/\text{h}$ とした場合、配管長 200m でのスラリーの圧力損失は 800kN/m^2 であり、一般的なポンプで圧送可能であることを確認した。

写真 1 にスラリーの充填状況を示す。エタノール/ベントナイトスラリーは空隙に隙間なく水中充填することができ、水との接触面でのスラリー崩壊も見られなかった。

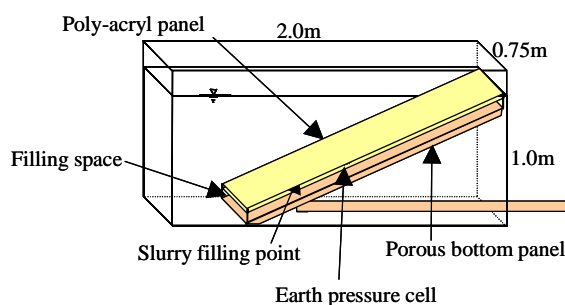


図 1 モデル充填層



写真 1 スラリーの充填状況

キーワード エタノール、ベントナイト、スラリー、充填、止水

連絡先 (東京都江東区越中島 3-4-17、電話 03-3820-5437、FAX03-3820-5955)

図2に、充填したスラリーの解体時の乾燥密度、含水比、エタノール濃度、せん断強度分布を示す。エタノールの拡散により透水性パネルと接触している部分の含水比が上昇し、エタノール濃度が低下している。エタノール濃度の低下に伴いベントナイトの膨潤圧が発生し、解体時には 6kN/m^2 まで増加した。この時点で $1/3$ のエタノールが水と置換しており、間隙中のエタノールがすべて水と置換すると膨潤圧は約 20kN/m^2 と予測できる。

エタノール濃度の低下にともないせん断強度が増加している。間隙液の誘電率が高いほど土のせん断強度が低く、誘電率が低いほどせん断強度が高くなる⁴⁾。25 でのエタノールと水の誘電率はそれぞれ 24.3 と 80.4 である。密度の影響を考慮する必要はあるものの、スラリーのせん断強度増加にはエタノール濃度低下が大きく影響していることがわかる。圧密試験結果では、圧密降伏応力、密度は $p_c=11.8(\text{kN/m}^2)$ 、 $\rho_d=0.32(\text{g/cm}^3)$ であった。この結果は、土圧計による膨潤圧測定結果、および図2の乾燥密度の結果とほぼ一致している。

図3にベントナイト乾燥密度と透水係数の関係を示す。エタノール/ベントナイトスラリーの透水係数は $k=4 \times 10^{-10}(\text{cm/s})$ であり、三原⁵⁾の結果と一致している。エタノールはベントナイトの止水性能に影響を与えないことが確認できた。

4. まとめ

エタノール/ベントナイトスラリーのモデル充填試験を行い、(1)ポンプ圧送が容易で空隙中に隙間なく充填できる、(2)エタノール濃度低下に伴い強度が増加する、(3) エタノールはベントナイトの止水性能に影響を与えないことを確認した。

本研究はアルコール専売事業特別会計研究開発委託費により経済産業省からの委託事業として実施しており、発表に際し許可をいただいた経済産業省に感謝致します。

参考文献

- 1) 堀内(1992): 第 47 回土木学会全国大会, pp1024-25.
- 2) 堀内(1994): 第 49 回土木学会全国大会, pp1548-49.
- 3) Asada, Ishikawa, Horiuchi (2001): Clay Science for Engineering, Rotterdam, A. A. Balkema, pp511-516.
- 4) Sridharan, Venkatappa Rao (1979): Géotechnique 29, No.2, pp177-193.
- 5) 三原(2000): サイクル機構技報, No.6, pp61-68.

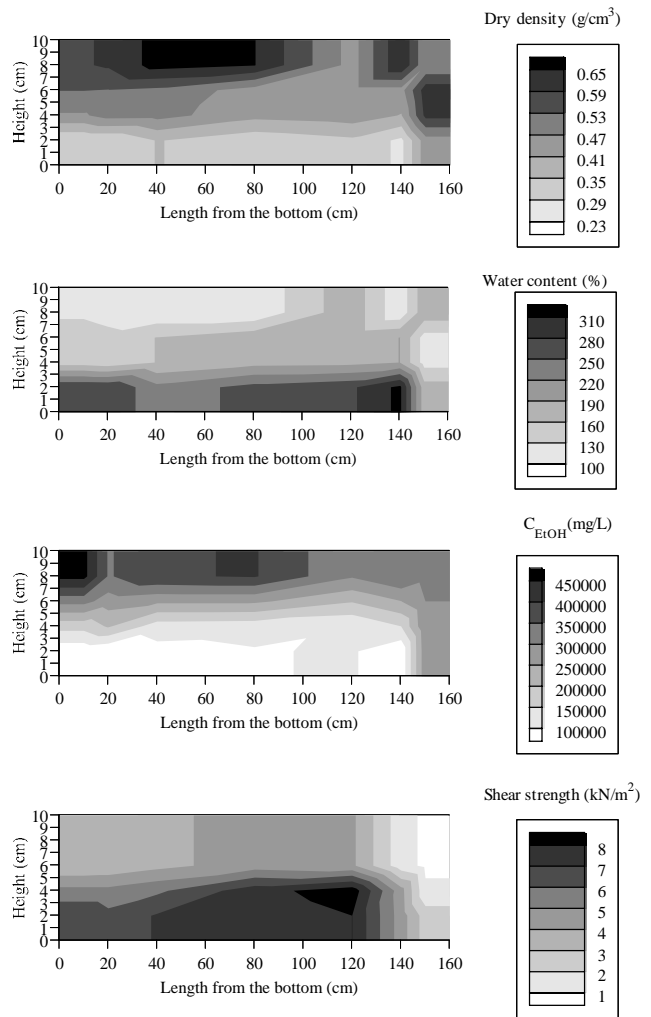


図2 スラリーの解体時の乾燥密度、含水比、エタノール濃度、せん断強度分布

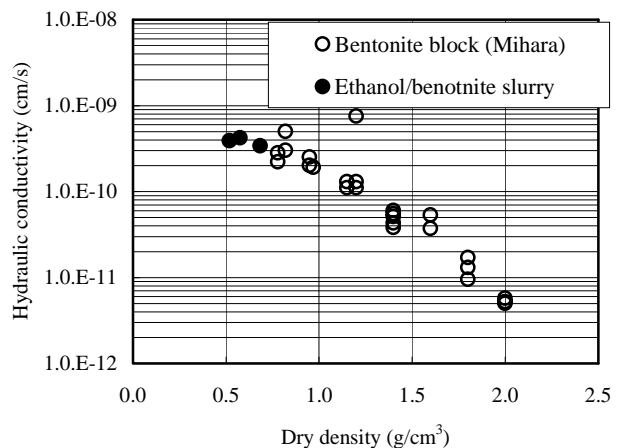


図3 ベントナイトの乾燥密度と透水係数