

原鉱石から調整した粒状ベントナイトの特性試験(2) ～透水特性について～

クニミネ工業(株)黒磯研究所 正会員 ○伊藤 弘志

1. はじめに

放射性廃棄物地層処分においては、廃棄体の封入された容器と周辺岩盤との間に、高乾燥密度に締固めたベントナイトを緩衝材として施工する事が検討されている。現場においてベントナイト緩衝材を施工する場合には、一般に市販されている粉末状のベントナイトよりも粒径の大きいベントナイトを使用することが有効であると考えられている¹⁾。そこで本研究では、原鉱石を乾燥・粗砕する事で調整した粒状ベントナイトの締固め試験結果²⁾をもとに、動的に締固めた粒状ベントナイトの透水試験を行い、透水係数に及ぼす粒径範囲の影響やその評価方法について検討を行った。また、締固め試験の結果²⁾と本試験結果から、原鉱石から調整した粒状ベントナイトの締固め特性から透水特性までの一連の評価方法について提案する。

2. 試験方法

試験試料は、参考文献2)で使用した7種類のベントナイト原鉱石のうちT1、T2およびW1から調整した粒状ベントナイトを採用した。粒径は10mm以下、2mm以下および1.6～10mmの範囲である。粒状ベントナイトの調整方法や原鉱石の物理・化学的特性については参考文献2)を参考にされたい。各試料の含水比を締固め試験にて得られている最適含水比となるようにアイリッヒミキサー(R-02)で調整した後、最大乾燥密度もしくはそれよりも低い乾燥密度となるように2.5kgf ランマー、1000cm³ モールドおよび直径9.99cm×高さ10.7cmの円柱状のスペーサーディスクを用いて動的に締固めたものを供試体とした。図1に供試体写真を示す。

透水試験は室温条件下において加圧定水位法で行った。透水液として脱気した蒸留水を用いた。動水勾配は500から2500の間の4水準とし、各動水勾配で流速を3点計測した。流速と動水勾配の関係からダルシーの法則が成立している事を確認し、その傾きと供試体断面積から透水係数を導出した。図2に測定結果の例を示す。

3. 結果と考察

得られた透水係数と乾燥密度の関係を図3に示す。各粒状ベントナイトの最大乾燥密度、最適含水比における透水係数はおおよそ $1 \sim 3 \times 10^{-13}(\text{m/sec})$ の範囲であった。また、粒径の違いが透水係数に与える影響は小さいことが分かった。これは、動的な締固めによって粒子の破碎や変形が生じ、それらが水路となり得る粒子間隙を密に充填していくことによって、粒径の違いに関わらず供試体内部のベントナイトの分布が均一になったためと考えられる。図3には本研究で得られた粒状ベントナイトの透水係数以外にも、既往の研究との比較のため、粉末状のベントナイト(クニゲルV1配合率100%)を静的に圧縮成型した供試体(以下、ブロック供試体)の、本研究と類似の透水液、温度条件下で取得された透水係数も示している³⁾。これをみると、動的に締固められた粒状ベントナイトの透水係数およびその乾燥密度依存性は、ブロック供試体と同等であることが分かる。



図1 最適含水比において最大乾燥密度に締固められた透水試験用供試体
試料は原鉱石T1から調整した粒径範囲が10mm以下の粒状ベントナイト

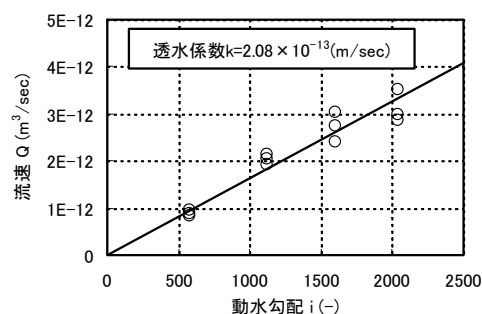


図2 流速-動水勾配の関係と透水係数
供試体は、原鉱石T1より調整した10mm以下粒状ベントナイトを最適含水比、最大乾燥密度で締固めたもの。

キーワード 原鉱石、粒状ベントナイト、透水、膨潤体積ひずみ、有効モンモリロナイト密度

連絡先 〒325-0013 栃木県黒磯市鍋掛 1085 クニミネ工業(株)黒磯研究所 TEL0287-64-1981

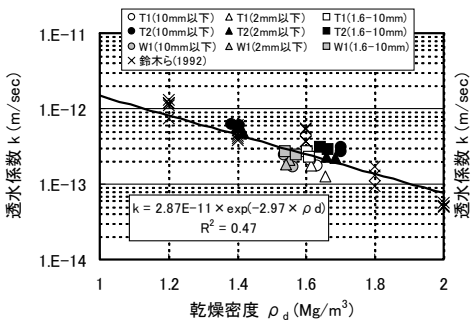


図3 透水係数と乾燥密度の関係

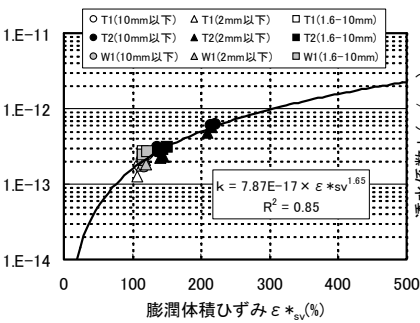


図4 透水係数と膨潤体積ひずみの関係

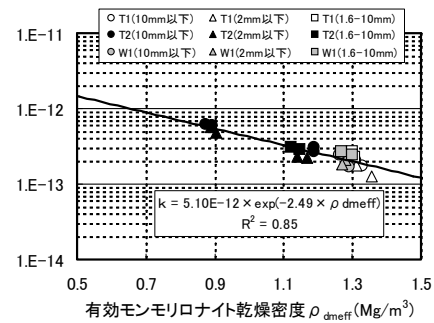


図5 透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係

しかし、図 3 に示した近似式を用いて動的に締固められた粒状ベントナイトの透水係数を乾燥密度から算定するには、R2 値からも分かるようにその精度に疑問が残る。そこで、小峯、緒方(2002)⁴⁾において提案されている乾燥密度やモンモリロナイト含有率をパラメーターとする膨潤体積ひずみ ε_{sv} を用いて透水係数を整理してみると図 4 が得られた(ただし、ベントナイト配合率 $C_m=100\%$ 、最大膨潤率 $\varepsilon_{s,max}=0\%$ 、の条件で計算)。その結果、乾燥密度との関係式よりも精度良く透水係数を算定できる実験式を得ることができた。また、田中ら(2002)⁵⁾にあるように、膨潤体積ひずみから有効モンモリロナイト乾燥密度 ρ_{dneff} を計算し、透水係数との関係を整理すると図 5 が得られ、有効モンモリロナイト乾燥密度からも膨潤体積ひずみと同等の精度で透水係数を算定できることが分かる。

図 6 には、Na 型ベントナイト原鉱石から調整した粒状ベントナイトの締固め特性から透水特性を評価するための一連のフローを示した。締固め特性の評価式は、参考文献 2)の図 3 に示されたものである。このフローを用いれば、Na 型ベントナイトに限定はされるが、未知のベントナイト原鉱石から調整した粒状ベントナイトの現場施工性と止水性を、その乾燥粉碎試料の塑性限界とモンモリロナイト含有率の値から予測することが可能となる。

本研究結果は、Na 型ベントナイトの原鉱石から調整した粒状ベントナイトを用いて高い止水性を有する緩衝材を現場施工する際の、材料の選定や品質管理に利用できると考える。ただし、実際の施工に際しては締固め装置の特性なども考慮して検討する必要があるといえる。

4. まとめ

原鉱石を乾燥・粗砕することで調整した粒状ベントナイトを動的に締固めた供試体の透水試験の結果、1)透水特性は粒度分布に依存しないこと、2)透水係数は乾燥密度やモンモリロナイト含有率をパラメーターとする膨潤体積ひずみあるいは有効モンモリロナイト乾燥密度から推定できることが分かった。

【参考文献】

1)Fujita et al (1997) 「Coupled thermo-hydro-mechanical experiment at Kamaishi mine technical note 11-96-04 Fundamental properties of bentonite OT-9607」 PNC TN8410 97-071、2) 伊藤弘志、渡辺浩樹 (2004) 「原鉱石から調整した粒状ベントナイトの特性試験(1) ～締固め特性について～」 土木学会第 59 回年次学術講演会(投稿中)、3)鈴木英明ほか (1992) 「緩衝材の特性試験 I」 PNC TN8410 92-057、4)小峯秀雄、緒方信英 (2002) 「ベントナイト緩衝材・埋め戻し材の透水特性と簡易評価法の提案」 土木学会論文集 No.708/III-59. pp133-144、5) 田中幸久ほか(2002) 「ベントナイトの膨潤性に及ぼす人工海水濃度の影響」 土木学会第 57 回年次学術講演会 共通セッション、CS10-037

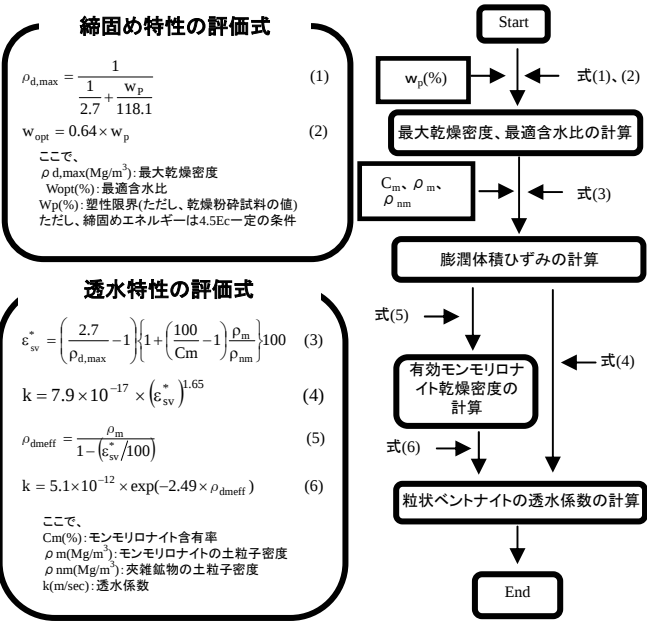


図6 原鉱石から調整した粒状ベントナイトの締固めおよび透水特性の評価フロー