

砂・Ca型ベントナイト混合土の透水現象に及ぼす初期含水比の影響の推察

早稲田大学 学生会員 ○崎田 知紀 正会員 小峯 秀雄
正会員 王 海龍 フェロー会員 後藤 茂
安藤・間 正会員 山田 淳夫

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の浅地中埋設処分において使用が計画されるベントナイト混合土には、放射性核種の漏出を抑制するための要求性能として低透水性が求められる。ベントナイト混合土は配合、初期含水比等の材料条件や製造工程での混合方法により透水性能が変動する可能性が示唆されており¹⁾、諸条件と透水性能との相関を示すデータは覆土の材料設計の根拠となるため重要である。そこで本研究では、ベントナイト配合率、含水比を所定の範囲内で変えてベントナイト混合土を調整し、締固めた供試体に対し透水試験を行い、測定された透水係数を初期飽和度の観点で整理した。有効モンモリロナイト密度および有効モンモリロナイト湿潤密度²⁾で整理した透水試験の結果から、供試体の初期含水比が土中構造に及ぼす影響を推察し述べる。

2. 使用した試料および透水試験の概要

使用した試料のうち、砂は青森県三沢産コンクリート細骨材を使用した。砂の土粒子密度は2.75 g/cm³であった。またベントナイトはCa型ベントナイトを使用した。表1に使用したCa型ベントナイトの基本的性質を示す。なお表1に示すモンモリロナイト含有率は、純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量140 mmol/100 gを基準とし算出を行った³⁾。

また試料調整は所定の含水比となるように噴霧器で加水しながら行った。ベントナイト配合率は乾燥質量比で15~30%とし、初期含水比の設定値は10~20%とした。供試体作製はモールドに直接試料を入れ、締固めエネルギーを1Ecもしくは4.5Ecとして二層で突き固めた。透水試験について、本研究で対象とするのは低透水材料であるため、モールドの内径60 mm、高さ20 mmである小型透水試験装置を用い、変水位透水試験方法を適用した⁴⁾。図1に変水位透水試験装置の概要図を示す。透水試験においては、通水方向を供試体下面から上向きとして流入側と流出側の二重管ビュレットに加圧し、その差圧を動水勾配とした。

3. 諸指標で整理した透水試験結果の比較

本研究で実施した透水試験および、本研究と同様の材料設定、試料調整条件、試験方法で千々松ら¹⁾が実施した透水試験の結果について、図2に透水係数と有効モンモリロナイト密度の関係を、図3に透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の関係を示す。なお両図において凡例を供試体の初期飽和度の範囲として示す。図2、図3より、有効モンモリロナイト密度、有効モンモリロナイト湿潤密度ともに、値が大きくなるに伴い透水係数は小さくなる傾向が確認出来るが、図3に示す有効モンモリロナイト湿潤密度による整理の方が相対的に、初期飽和度に依存しない相関を形成していることが確認できる。この要因

表1 Ca型ベントナイトの基本的性質

土粒子密度(Mg/m ³)	2.63
液性限界(%)	124.8
塑性限界(%)	55.9
塑性指数	68.8
モンモリロナイト含有率(%)	71.4

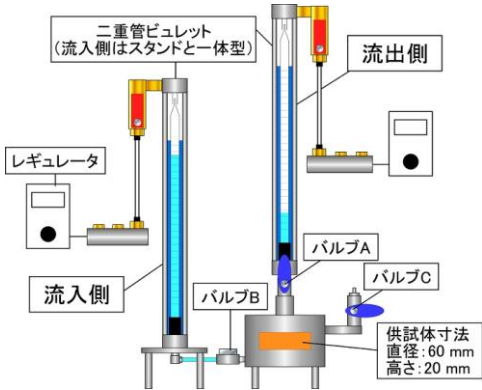


図1 変水位透水試験装置の概要図

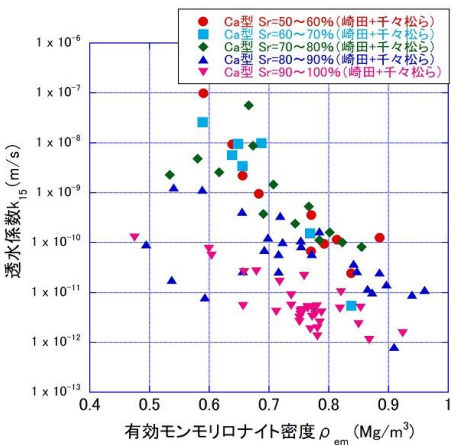


図2 Ca型ベントナイト混合土の透水係数と有効モンモリロナイト密度の関係

キーワード 放射性廃棄物処分，砂・ベントナイト混合土，変水位透水試験，代替指標
連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58-203 早稲田大学理工学術院 TEL 03-5286-2940

として、有効モンモリロナイト湿潤密度は有効モンモリロナイト密度と異なり、供試体の初期含水比を考慮した指標であるため、初期飽和度の違いによる影響もまた考慮できると考えられる。

4. 供試体の初期含水比の差異が供試体の構造に与える影響の推察

前述の通り、ベントナイト混合土の透水現象に対し支配的な要素の一つとして、供試体の初期含水比が考えられる。そこで、初期含水比が透水現象に与えると考えられる影響を図4に示す。

図4では、同乾燥密度条件で低含水比と高含水比の供試体の構造を考える。龍岡らの研究⁵⁾および北村らの研究⁶⁾より、締固めて作製した粘土・砂混合土の供試体において、低含水比の供試体は間隙空気圧と間隙水圧の差であるマトリックサクションが大きく、それに伴い粘土粒子が砂粒子の周辺に凝集することが考えられている。一方で、高含水比の供試体ではマトリックサクションが小さく、粘土粒子が間隙部を分散して分布することが考えられている。

本研究で対象とする砂・Ca型ベントナイト混合土の供試体においては、上述の初期含水比の違いによるベントナイト粒子の分布形態の違いが、吸水過程後の供試体中の間隙径分布に影響を及ぼすと考えられる。つまり、低初期含水比の供試体は高初期含水比の供試体と比べ、吸水によるベントナイト粒子の膨潤後において、供試体の間隙径分布が大きい径に多く分布することになり、高初期含水比の供試体と比べ透水しやすい状態になると推察する。

5. 結論

Ca型ベントナイト混合土の透水係数と有効モンモリロナイト密度の間には、供試体の初期飽和度の範囲別で異なる負の相関が現れた。この要因として、供試体の初期含水比の大小により供試体の土中構造が異なることが考えられる。つまり初期含水比が小さい供試体は、大きい供試体に比べてマトリックサクションが大きいことに起因して、吸水によるベントナイト粒子の膨潤後の間隙径分布が大きい径に多く分布し、相対的に透水しやすくなると推察する。

参考文献 1)千々松正和, 木村誠, 石濱裕幸: Ca型ベントナイト混合土の練り混ぜ方法の違いが品質に与える影響について, 土木学会第68回年次学術講演会, 土木学会, CS11-014, pp27~28, 2013. 2)崎田知紀, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 山田敦夫: 砂・Ca型ベントナイト混合土の初期飽和度が透水係数に及ぼす影響の推察, 第55回地盤工学研究発表会, 地盤工学会.(投稿中) 3)工藤康二, 川西光弘: ベントナイト中のモンモリロナイト含有量の推定方法に関する検討, 土木学会第60回年次学術講演会, 土木学会, 3-515, pp1027~1028, 2005. 4)地盤工学会: 低透水性土質系材料の活用と性能評価技術に関する研究委員会 研究報告書, pp.146-148. 5) F. Tatsuoka, K. Fujishiro, K. Tateyama, S. Kawabe, Y. Kikuchi. (2016). Properties of compacted soil as a function of dry density and the degree of saturation, *The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2, Issue 4, pp. 247-252. 6)北村良介, 酒匂一成: 不飽和土の力学特性について~斜面安定解析への適用を視野に入れて~, 第7回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2014.

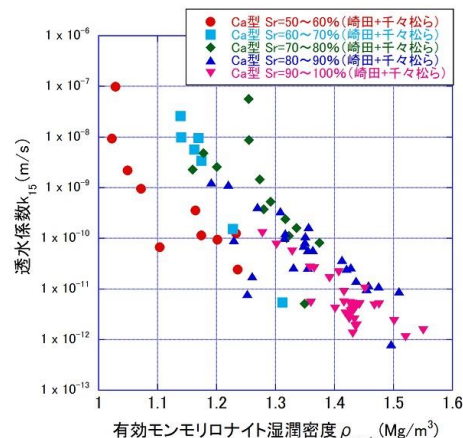


図3 Ca型ベントナイト混合土の透水係数と有効モンモリロナイト湿潤密度の関係

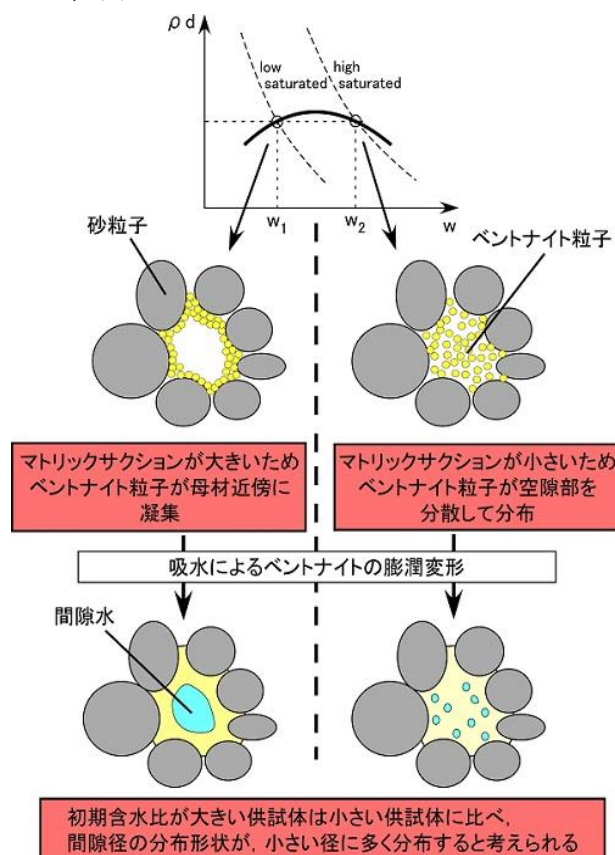


図4 供試体の初期含水比が透水現象に与える影響として推察されるメカニズム図