

砂・ベントナイト混合土のための透水試験方法の選定・改良とその適用性

茨城大学	学生会員	○伊藤	紗由未
早稲田大学	正会員	小峯	秀雄
戸田建設	正会員	関口	高志
早稲田大学		松木	駿

1. はじめに

わが国では、飽和状態の土の透水係数を得る方法として、日本工業規格「土の透水試験方法」(JIS A 1218:2009)¹⁾が規格化されている。砂・ベントナイト混合土のような 10^{-9} m/s 以下の透水係数を有する土質系材料は、実質上不透水として扱われ、透水試験方法は規格化されていない現状にある。一方、既往の研究における各機関での透水試験方法は、様々である(例えば^{2)~4)}。本研究では、JIS A 1218 の変水位透水試験の規定を基に小型変水位透水試験、超小型変水位透水試験および柔壁型変水位透水試験の装置を製作し、ベントナイト配合率 10%、20%および 30%の砂・ベントナイト混合土に対して透水試験を実施した。それらの試験から得られた透水係数について既往の研究と比較した。

2. 使用した試料および砂・ベントナイト混合土の作製方法

本研究では、粉体状のクニゲル V1(クニミネ工業製)を使用し、混合する砂には三河珪砂 V5 号(三河珪石製、土粒子の密度: 2.66Mg/m^3 、粒径: $0.75\sim 2.00\text{mm}$)を使用した。表-1 に、クニゲル V1 の基本的性質を示す。砂・ベントナイト混合土の作製は、各ベントナイト配合率で、最適含水比となるよう所定量の蒸留水を砂に添加しミキサーにて 1 分間混合した。その後、所定量のベントナイトを添加し、再度、ミキサーにて 1 分間混合した。混合後は、密閉容器に入れ恒温で 24 時間以上養生した。表-2 に、突固めによる土の締固め試験方法⁵⁾に準拠し取得した各ベントナイト配合率における最大乾燥密度と最適含水比を示す。平均土粒子密度は、クニゲル V1 と三河珪砂 V5 号の土粒子密度と配合割合から算出した。

表-1 クニゲル V1 の基本的性質

ベントナイト	A
タイプ	Na 型
土粒子密度(Mg/m^3)	2.79
液性限界(%)	458.1
塑性限界(%)	23.7
塑性指数	434.4
モンモリロナイト含有率(%)	57

表-2 最大乾燥密度と最適含水比

ベントナイト配合率(%)	平均土粒子密度(Mg/m^3)	最大乾燥密度(Mg/m^3)	最適含水比(%)
10	2.68	1.64	19.1
20	2.69	1.72	15.1
30	2.70	1.74	15.4

3. 各種透水試験方法の概要

図-1(a)~(d)に小型変水位透水試験、超小型変水位透水試験、柔壁型変水位透水試験、変水位透水試験の概略図を示す。供試体は全試験において、各ベントナイト配合率における試料の最適含水比の状態での最大乾燥密度となるよう、動的に突き固めることにより作製した。小型変水位透水試験の供試体は、直径 60mm、高さ 20mm の円柱形で、供試体の作製後、蒸留水で満たした浸水容器内に小型変水位透水試験容器を 24 時間浸水させた。その後、越流水槽に移し、ビュレット管(最大容量 25.0mL、最小目盛 0.1mL)を接続し、試験を開始した。超小型変水位透水試験の供試体は、直径 28mm、高さ 10mm の円柱形で、供試体の作製後、越流水槽に移し、ビュレット管(最大容量 10.00mL、最小目盛 0.05mL)を接続し、試験を開始した。柔壁型変水位透水試験の供試体は、直径 60mm、高さ 20mm の円柱形である。供試体作製後、供試体をメンブレンで覆い、セル内に水を注水し、ベントナイト配合率 10%において、所定のセル圧 40kPa を作用させ、24 時間放置した。その後、ビュレット管(最大容量 25.0mL、最小目盛 0.1mL)を接続し、試験を開始した。これらの透水試験

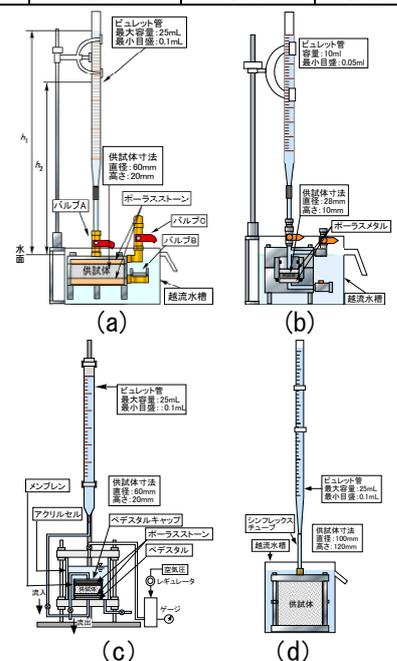


図-1 各種透水試験装置の概略図

キーワード 砂・ベントナイト混合土、透水係数、JIS A 1218、変水位透水試験、有効モンモリロナイト密度

連絡先 〒316-0004 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5162

は、一定期間流入量を繰り返し測定し、測定する毎に越流水槽内の水温および室温を計測した。試験開始後、透水係数がほぼ一定の値になったことを確認した後、試験を終了した。

4. 有効モンモリロナイト密度との関係

図-2 に各種透水試験により得られた透水係数と有効モンモリロナイト密度の関係を示す。試験方法によらず全体的な傾向として、有効モンモリロナイト密度が大きくなるに伴い透水係数が小さくなる傾向が見取れ、各ベントナイト配合率においても、同様の傾向が確認できる。

5. 試験方法の違いによる透水係数への影響

図-2 より、小型変水位透水試験、超小型変水位透水試験、変水位透水試験結果を比較すると、ベントナイト 10%では同様の透水係数が得られているが、ベントナイト配合率 20%および 30%では、透水係数に差異が認められた。この差異は、同じ試験方法で同程度の有効モンモリロナイト密度の場合でも生じている。また柔壁型変水位透水試験の結果が他試験と同様であることから、側壁漏れの影響については小さいと言える。

6. 各種透水試験から得られた透水係数と既往の研究との比較

本研究により得られた透水係数について、既往の研究⁶⁾で報告されている透水係数と比較した。図-3 に本研究と既往の研究⁶⁾における透水係数と有効モンモリロナイト密度の関係を示す。ベントナイト配合率 30%の場合は、既往の研究の傾向を有効モンモリロナイト密度 0.7Mg/m^3 の付近まで外挿して、本研究と比較した。既往の研究と本研究を比較すると、ベントナイト配合率 10%の場合は同様の透水係数の分布を示しているのに対し、ベントナイト配合率 20%、30%の場合は本研究で得られた透水係数が若干大きめに得られているケースと、同程度の範囲内に分布しているケースがある。その範囲は 2 オーダー以内には分布している。本研究の透水係数が既往の研究の結果より大きめの値になっている理由の一つとして、飽和が不十分だったことが挙げられる。試験後の飽和度を算出した結果、ほとんどのケースで 85%~100%の間に広く分布しており、十分に飽和していると判断できないケースがあった。よりばらつきのある小さい透水係数を得るためには、十分に供試体を飽和させた状態での透水係数を得ることが必要であり、さらに時間をかけて測定を行う等の試験方法の改善や装置自体の改良が必要⁷⁾であると考えられる。

7. まとめ

各種透水試験から得られた透水係数は、試験方法によらず全体的な傾向として、有効モンモリロナイト密度が大きくなるに伴い透水係数が小さくなる傾向が見られ、各ベントナイト配合率においても同様の傾向が確認された。ベントナイト配合率 10%において各種透水試験結果を比較した際、同様の透水係数が得られていることから、側壁漏れの影響は小さいことが確認された。各種透水試験結果について、既往の研究と比較した結果、ベントナイト配合率 10%の場合は同様の透水係数の分布を示しているのに対し、ベントナイト配合率 20%、30%の場合は本研究で得られた透水係数が若干大きく得られているケースと同程度の範囲内に分布しているケースが認められた。今後、供試体の飽和度を高める方法を含め、試験方法の高度化を図り、適用性のある試験方法を確立していきたい。

参考文献 1) 社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-、pp.447~461, 2009. 2) 長谷川琢磨：ベントナイトの透水・浸潤特性への海水影響、電力中央研究所報告 U04005, 2004. 3) 嘉門雅史・勝見 武・乾 徹・森本哲夫：ベントナイト混合土の内陸廃棄物処分場遮水工への適用性評価、日本材料学会、Vol.51, No.1, pp.36~41, 2002. 4) 佛田理恵・小峯秀雄・安原一哉・村上 哲：高圧圧密試験装置を用いたベントナイトの透水係数算出における試験方法の高度化、土木学会論文集 C, Vol. 62, No. 3, pp.573~578, 2006. 5) 社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-、pp.373~385, 2009. 6) 小峯秀雄・緒方信英：高レベル放射性廃棄物処分のための緩衝材・埋戻し材の透水特性、電力中央研究所報告 U00041, 2001. 7) 関口高志、松木 駿、小峯秀雄、伊藤紗由未：放射性廃棄物処分場の砂・ベントナイト混合土への小型変水位透水試験の現場適用性の検討、第70回年次学術講演会に投稿、2015.

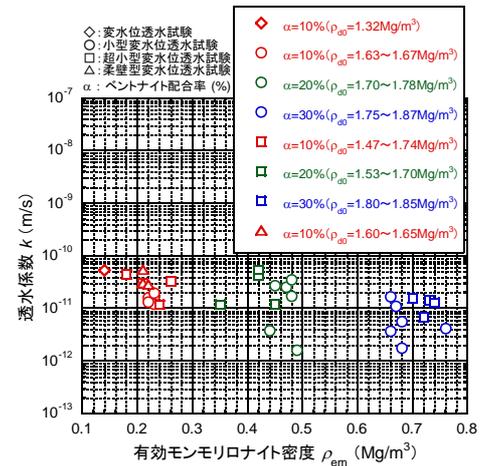


図-2 透水係数と有効モンモリロナイト密度の関係

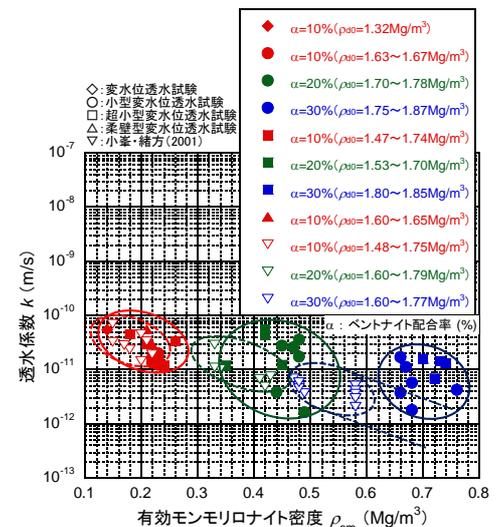


図-3 既往の研究との比較