

しらす土におけるベントナイトミルク浸透挙動とフィルタリング効果

八戸工業高等専門学校 正会員○清原 雄康

東京電力株式会社

中山 美優

岩手大学

宮内 亘紀

1. はじめに

盛土を築造してから長期間経過した盛土において、特に表層部で凍結融解による間隙の拡張、保水性の低下、透水性増加、浸透水による細粒分の流失などが生じることが確認されている¹⁾²⁾。本研究ではそのような劣化進行抑制のために、ベントナイトミルク浸透による細粒分の充填と透水抑制効果を検討するための三軸試験装置や透水試験装置を用いた室内通水試験を行った。

2. 試験方法

(1) 試料土

本研究で用いた試料土は八戸しらす(新郷村にて採取)を用い、ベントナイトは群馬県安中産のNa型を用いた。試料土の諸性質を表1、粒度分布を図1に示す。八戸しらすは多孔質のため、粒度試験の沈降分析の際には粒子内の空気を水に置換するために、真空脱気処理を行った表乾飽水状態のものを用いた。ベントナイトミルクは5%(50g/L, EC:44.7mS/m), 10%(100g/L, EC:89.0mS/m)で作製後、各250 μ mフルイを通過したものを用いた。

フィルター材としての適応粒径式³⁾は式(1)で表されるが、今回の試料土はこの条件を満たしている。

$$D_{15F}/D_{15B}=12\sim40, \quad D_{50F}/D_{50B}=12\sim58 \quad (1)$$

ここで、 D_{15F} , D_{50F} :しらす土の15%, 50%粒径, D_{15B} , D_{50B} :ベントナイトの15%, 50%粒径である。

(2) 通水試験

図2に圧密排水三軸試験装置の概要図を示す。上部、下部のポラスストーンには、目の粗いものを使用した。試料土は粒径2mm未満(case1)と75 μ m以上2mm未満(case2)の2種類を用い、供試体は $\Phi 5 \times 10$ cmのモールドを用い、3層に分けて突き固めて作製した。供試体飽和化の後、拘束圧20kPa, のち50kPaで圧密した。図3に定水位透水試験装置の概要図を示す。供試体は $\Phi 10 \times 12.7$ cmの透水試験用モールドを用い、3層に分けて突き固めて作製した(case3)。その後、減圧水浸容器で飽和化させた。

セット後、所定の水頭差で供試体に脱気水を通水後、脱気したベントナイトミルクに切り替えて供試体の上から下方向で通水させた。表2に試験条件一覧を示す。

(3) 通水試験後の溶出試験

通水試験後に、供試体を切り分けて乾燥させ、乾燥試料土1:水10の割合で混合後、環告46号の方法に従い溶出試験を行い、上澄み液の電気伝導度ECを調べ、ベントナイト粒子の供試体への充填程度を推測した。

表1 八戸しらす土、ベントナイトの諸性質

八戸しらす土粒子密度(g/cm ³)	2.518
ベントナイト土粒子密度(g/cm ³)	2.592
八戸しらす最大/最小密度(g/cm ³)	1.26/1.014
ベントナイト液性限界(%)	360
ベントナイト塑性限界(%)	39
ベントナイト塑性指数(%)	321

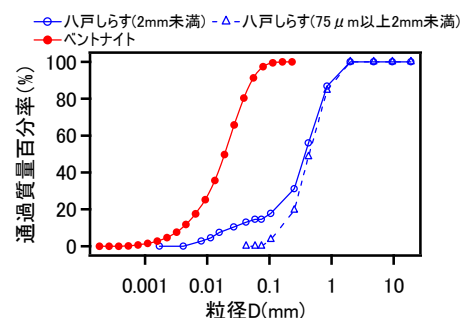


図1 粒径加積曲線

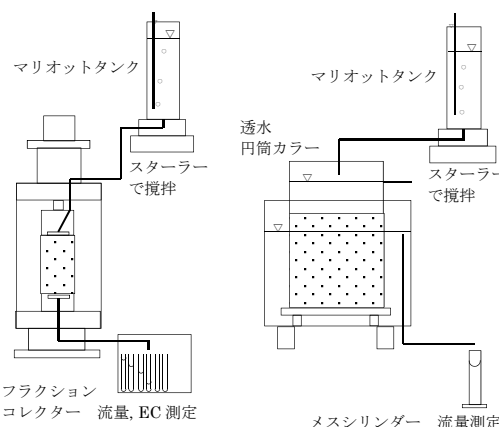


図2 三軸試験装置

図3 定水位透水試験装置

表2 通水試験条件

試験装置	三軸試験装置		定水位透水試験装置
	case1	case2	case3
供試体粒径	<2mm	75 μ m-2mm	<2mm
ρ_d (g/cm ³)	1.33	1.22	1.25
間隙比 e	0.893	1.064	1.074
ベントナイトミルク濃度	5%	5%, 10%	5%
動水勾配	6.7	10-5	0.38-0.33
水頭差 cm	67	96-57	4.7~4

3. 試験結果

図4に case1, case2 の経過時間に対する透水係数の変化をそれぞれ示す。case1 の透水係数はベントナイト注入開始時 $1.19 \times 10^{-5} \text{m/s}$ であったが、その後、約 450 秒（ベントナイト流入総量 0.5g, 0.03g/cm^2 -断面積）で $2.4 \times 10^{-7} \text{m/s}$ へと低下した。流出水の EC は注入前が 18 mS/m, 注入後 30mS/m となった。case2 の透水係数は $1.25 \times 10^{-5} \text{m/s}$ から、ベントナイト切り替え後約 20820 秒（ベントナイト投入総量 45g, 2.3g/cm^2 -断面積）で $1.14 \times 10^{-7} \text{m/s}$ へと低下した。細粒分のない case2 の方が流出水の EC は 130mS/m まで上昇し、捕捉されず通過する量が増え、透水係数の低下に時間を要した。図5に case1, case2 通水試験後供試体の溶出試験結果を示す。流入側の上部の EC が高く、case2 の方が case 1 より多くのベントナイトが供試体間隙に充填されたことが推察される。

図6に case3 の経過時間に対する透水係数の変化を示す。透水係数は $8.5 \times 10^{-5} \text{m/s}$ から、ベントナイト切り替え後約 4260 秒（ベントナイト投入総量 4.3g, 0.05g/cm^2 -断面積）で $1.96 \times 10^{-7} \text{m/s}$ へと低下した。case1 と比較して、断面積あたりの投入量が多くなっているが、供試体の作製密度が case1 より小さく、充填量が増えたことが原因と考えられる。図7に case3 通水試験後供試体の溶出試験結果を示す。流入側から順に EC が高く、ベントナイトの成分が多く充填されたことが推察される。写真1に示すように、ベントナイトミルクが流入部の透水円筒カラー部に流入した後、供試体表面に膜状に沈殿し、EC 値は全体の 73%を占めた。

図8に case3 試験後供試体の各深度での粒度分布を示す。粒径は表層部に近いほど、相対的に大きな粒子が捕捉され、表層から離れるほど粒径は細くなり粒径変化は小さくなる傾向にあった。

4. まとめ

しらす土に対するベントナイトミルクの室内通水試験を行ったところ、透水係数は 10^{-5}m/s から 10^{-7}m/s オーダーへと低下した。細粒分のない供試体の方が、充填、透水係数低下に時間を要した。溶出試験による EC 値の推測から、ベントナイトの地盤深さ方向への捕捉量を定量的に把握出来た。細粒分がない供試体では、ベントナイトの捕捉量は増加する傾向にあり、充填効果を確認出来た。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 18K04356 の助成を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 清原雄康, 端本蓮, 木村匡伯：施工後 14 年経過した八戸しらす盛土の降雨時浸透挙動, 第 54 回地盤工学研究発表会, pp.853-854, 2019.
- 2) 端本蓮, 清原雄康：水分特性曲線を利用した野外盛土の間隙径推測と劣化度評価, 第 54 回地盤工学研究発表会, pp.613-614, 2019.
- 3) 河上房義：土質力学 第7版, 森北出版, p.65, 2001.

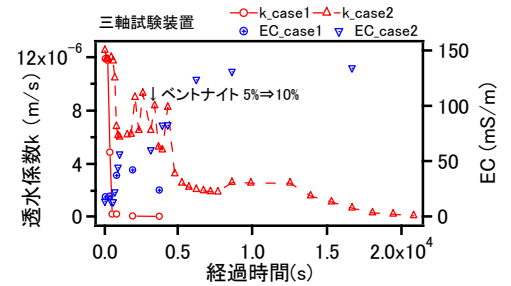


図4 case1, case2 試験における透水係数の変化

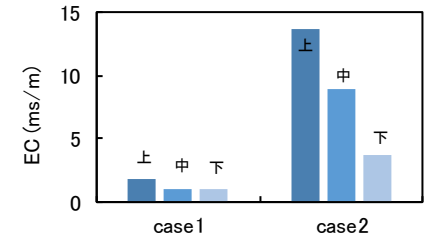


図5 case1, case2 試験後供試体の溶出 EC 値

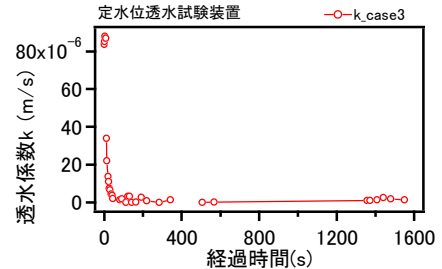


図6 case3 試験における透水係数の変化

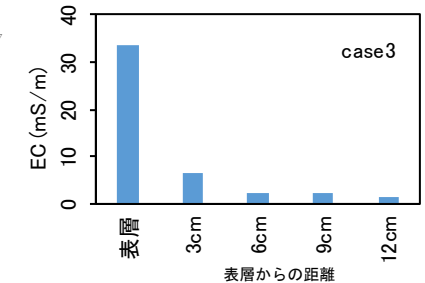


図7 case3 試験後供試体の溶出 EC 値



写真1 case3 試験後の供試体の様子

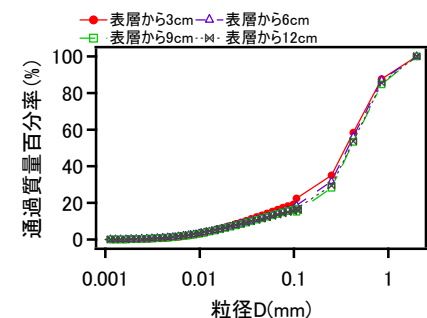


図8 case3 通水試験後の供試体