

ベントナイト混合砂の堤体法面被覆材としての適用性の検討（その2）

名城大学大学院	学生会員	○竹内 啓介
名城大学	正会員	小高 猛司・崔 瑛
建設技術研究所	正会員	李 圭太
元名城大院生	正会員	古山 翔悟

1. はじめに

表1 ベントナイト混合砂の透水係数

CASE	混合率 [%]	締固め度 D_c [%]	透水係数[m/s]
CASE-1	0	75	9.90×10^{-5}
CASE-2	0	80	7.21×10^{-5}
CASE-3	3	75	$2.60 \times 10^{-5} \rightarrow 6.51 \times 10^{-7}$
CASE-4	3	80	3.00×10^{-7}
CASE-5	5	75	$1.64 \times 10^{-7} \rightarrow 3.27 \times 10^{-7}$
CASE-6	5	80	4.91×10^{-8}

洪水継続時間が比較的短い我が国においては、河川水位上昇前後の堤体の含水状態が、その後の浸潤状態、ひいては堤体の安定性を左右する重要な要因になる。堤防の浸透に対する安全性を向上させるためには、堤体への降雨や洪水の浸透を防ぎ堤体飽和度の上昇を抑える浸透対策の効果が高いと考えられる。現在、自然材料を用いた法面被覆材として、ベントナイト混合砂の適用性を検討している。具体的には、実堤防の砂に数%程度の低添加率でベントナイトを混合し、三軸試験を行い、ベントナイトの混合率が透水性能や力学特性に与える影響を検討した。表1に示す透水試験結果をはじめとして、三軸試験結果の一部はすでに文献1にて発表した。そこでは、50kPa、100kPaの各有効拘束圧において、ベントナイト混合率が力学特性に及ぼす影響について示したが、今回は新たに100kPaの有効拘束圧において、各ベントナイト混合率における試験結果のばらつきについて検討した結果を示す。

2. 試験方法

試験に用いた砂試料は、北海道の千歳川の北島地区で開削工事中の堤体内から直接採取した砂質堤防土（以下、北島試料）であり、それに粉末ベントナイト（クニゲル V1，クニミネ工業製）を各種乾燥質量比で混合した。具体的には、自然乾燥状態の北島試料に、3種の割合で粉末ベントナイトを混合し、良く攪拌した後、含水比3%となるように霧吹きで加水して含水調整を行った。その後、3層に分けて締固め度80%で締め固め、直径5cm、高さ10cmの円柱供試体を作製した。供試体を三軸試験装置に設置し、二重負圧法による完全飽和化を行った後、有効拘束圧100kPaで圧密を行い、非排水せん断（載荷速度は0.1%/min）を実施した。表1の透水試験も供試体寸法は異なるものの、同じ手法で供試体を作製している。ベントナイトを混合することで、2オーダーから3オーダー透水係数が低下することがわかる。同一条件で透水係数が矢印で推移しているのは、実験開始時から実験終了時の透水係数の変化を表しており、目詰まりなどの原因が考えられる。

3. 三軸試験結果

図1～3に、ベントナイト混合砂の圧密非排水三軸試験結果を示す。図1はベントナイト混合率0%（無混合）の試験結果である。軸差応力～軸ひずみ関係を見ると、軸ひずみ2%程度で120kPa程度の最大軸差応力（以降、ピーク強度と呼ぶ）に到達する。有効応力経路をみると、2ケースともほとんど同一の挙動を示しており、正規圧密粘土的な傾向があらわれている。図2はベントナイト混合率3%の試験結果である。この混合率では、試験結果にばらつきが大きくでている。ばらつきの原因として、含水調整の際に、供試体中の水分が均一にならなかった可能性が挙げられる。図3に混合率5%の試験結果を示す。3ケース中1ケースにおけるピーク強度が若干小さく、多少のばらつきが見られるが、残り2ケースの試験結果はほぼ一致しており、ベントナイト混合率3%の試験結果に比べて、ばらつきは再び小さくなっている。図1～3を比較すると、ベントナイト混合率3%の試験結果において、ピーク強度が一番大きい試験結果は、混合率0%の試験結果に近いも

キーワード 河川堤防 ベントナイト 三軸試験

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部 TEL:052-838-2347

のであり、逆にピーク強度が一番小さい試験結果は、混合率 5%の試験結果に近い。これは、3%程度の混合率の場合には均一に混合することが結構難しいことを示している。ベントナイト混合率 0%と 5%の結果を比較するとベントナイトを混合することによって、明らかにピーク強度が低下しており、力学特性が変わることがわかるが、混合率 3%の場合には、先述のように混合率 0%に近いものから、混合率 5%に近いものまで幅広くばらついており、ベントナイトの混ざり方によって、いずれの性質にも近寄ることが示された。ベントナイトの含有量は同じであるため、3%混合したにも拘わらず、混合砂の強度低下の性質が顕著にあらわれないのは、ベントナイトが均等に分布せずに、局所的に固まったりして、その性質があらわれにくいからではないかと考えている。ただし、力学特性と表 1 に示した透水性との関連は明確ではないので、より詳細な検証が必要である。

図 4 に破壊時のモールの応力円と破壊規準線を示す。文献 1)で示した有効拘束圧 50kPa の結果も併せて示している。ベントナイトを混合することで混合率 3%, 5%の供試体では、北島試料のみの混合率 0%より大きい粘着力が発現されている。また、ベントナイト混合率が増加するにつれて内部摩擦角小さくなっており、混合率の増加によってせん断強度が低下していくこともわかる。しかし、いずれの混合率でも 25°位の内部摩擦角を確保できており、堤体材料としてのせん断強度は確保できていると判断できる。

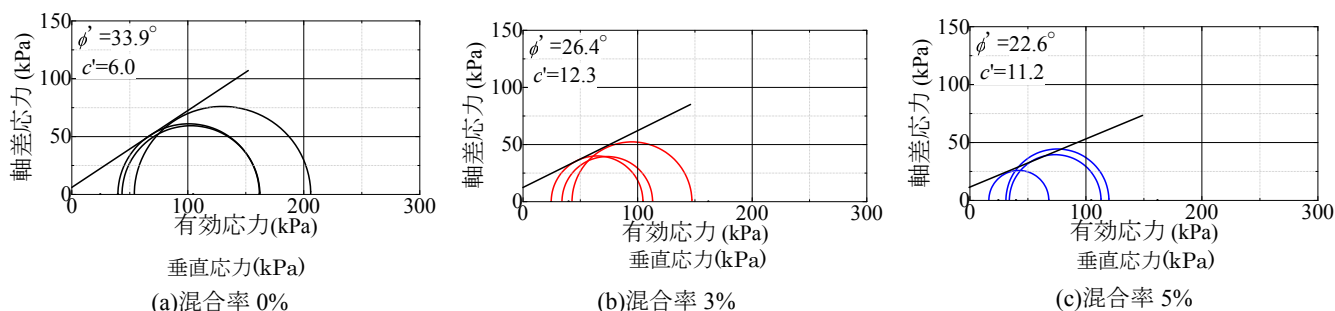


図 4 破壊時のモールの応力円と破壊規準線（有効応力で整理）

4. まとめ

堤体法面被覆材としての遮水性能から見れば、透水係数を 2 オーダー下げることができる 3%のベントナイト混合で十分である。一方、強度の低下度合いから見ても 3%混合が適切と考えられる。ただし、三軸試験の結果から見ると、3%程度の混合は試料の均一性を保持するのが難しい面もあることが示された。ただし、力学試験のばらつきと透水性のばらつきの関係は明確ではないので、今後より詳細に検証する必要もある。

参考文献：1)小高ら：ベントナイト混合砂の堤体法面被覆材としての適用性の検討，第 50 回地盤工学研究発表会，2015。

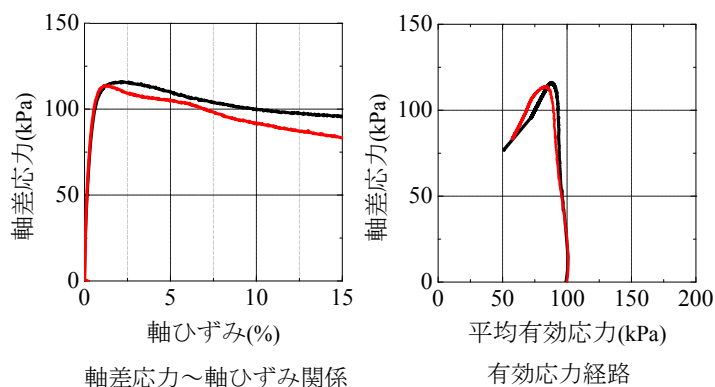


図 1 ベントナイト混合率 0%の試験結果

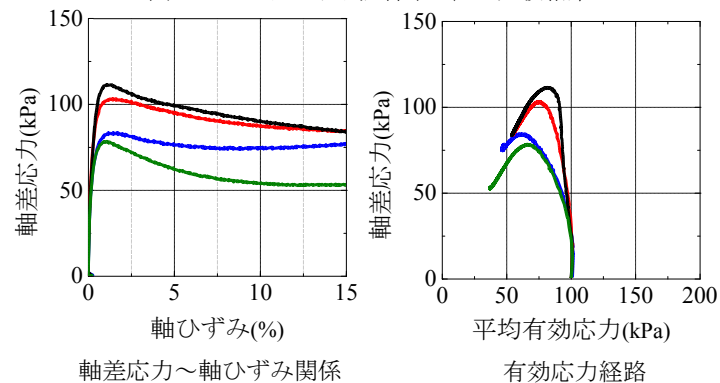


図 2 ベントナイト混合率 3%の試験結果

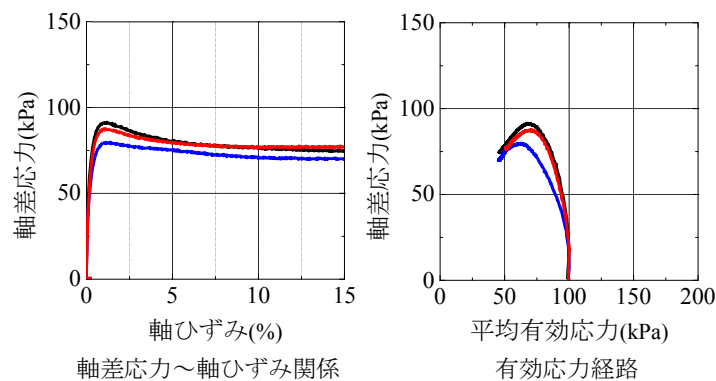


図 3 ベントナイト混合率 5%の試験結果