

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06216

研究課題名(和文) 各種廃棄物を複合利用した固化処理土の力学特性に関する研究

研究課題名(英文) Study on the mechanical properties of lime-stabilized soil with waste material

研究代表者

重松 宏明 (SHIGEMATSU, Hiroaki)

石川工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：90353268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：各種廃棄物(短繊維)を複合利用した固化処理土の力学特性を明らかにするために、一連の圧密排水・非排水三軸圧縮試験を実施した。これらの結果から、短繊維を混ぜ合わせることによって、一定の強度発現効果が認められた。しかしながら、短繊維を必要以上に混入すると、かえって強度低下を招く恐れがあることも分かった。

また一方で、短繊維を必要以上に混入して石灰系固化材による強度発現を妨げているようにも見えるが、ピーク強度を過ぎた後のひずみ軟化の抑制に対しては、非常に高い効果があることを確かめた。拘束圧の高低によっては、ひずみ軟化が全く起こらない場合もある。短繊維混入による靱性効果が十分に発揮されていると思われる。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the mechanical properties of lime-stabilized soil with waste material (short-fiber made from polyester), a series of laboratory tests at different mixture rate of the short-fiber were carried out. The experiments involve consolidated undrained triaxial compression (CUb) test, consolidated drained triaxial compression (CD) test. The following conclusions are obtained from this study: (1) The shear strength of the lime-stabilized soil increases slightly by mixing appropriate amount of the short-fiber. But if the amount of the short-fiber is putting into the soil too much, the strength of the soil decreases inversely. (2) On the other hand, mixing the short-fiber into the lime-stabilized soil has demonstrated a very high effect against strain-softening of the soil material.

研究分野：地盤工学

キーワード：せん断 靱性

1. 研究開始当初の背景

短繊維混合補強土工法の特徴は、土や安定処理土に長さ数十～数百 mm の短繊維を混ぜ合わせ、短繊維と土粒子、もしくは短繊維同士を複雑に絡み合わせて土そのものに引張力を持たせるところにある(写真-1)。強度(strength)に加え、引張力から生み出される靱性(toughness)という「粘り強さ」を新たに土の素材として組み込むことによって、地盤材料としての力学的な向上が期待できる。

先の東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)において、社会インフラが広範囲にわたって甚大な被害を受けた。中でも、道路や鉄道盛土、河川堤防、宅地造成地といった多くの土構造物が、力学的な指標を基に設計され、かつ万全な施工体制であったにも関わらず、軒並み変状・崩壊した。この大震災を契機に、各種土構造物の安定性・耐久性に対する再評価、更なる検討・対策が必要になってきた。

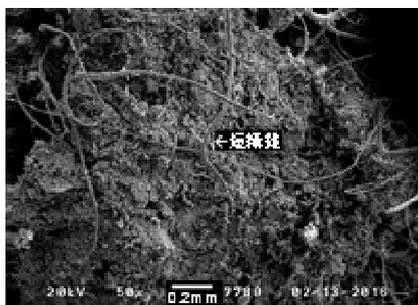


写真-1 短繊維が土粒子と絡み合う様子

2. 研究の目的

強度と靱性の両者を併せ持つ地盤材料は、せん断強度や残留強度の増加に留まらず、法面被覆材などの耐浸食性にも優れていることで知られる。申請者は、これまで開発してきた廃棄物由来の石灰系固化材と、同じく廃棄物である短繊維を組み合わせて土質改良を施した固化処理土(以後、短繊維混合固化処理土と呼ぶ)に対して、圧密非排水・排水三軸圧縮試験を実施した。これらの実験結果から、軸差応力(主応力差)一軸ひずみ関係、過剰間隙水圧一軸ひずみ関係、体積ひずみ一軸ひずみ関係および有効応力径路を求め、短繊維混合が土のせん断強度やダイレイタンスー特性にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。また一連の試験の結果を集約し、モール・クーロンの破壊規準を適用させて見かけの粘着力 c と内部摩擦角 Φ を求め、石灰系固化材と短繊維を組み合わせることによって、これらの強度定数がどのように変化していくのかについても検証した。

3. 研究の方法

(1) 使用材料

実験で使用する短繊維は、石川県内の繊維会社から毎年大量に排出される長さ 10～20mm 程度のポリエステルである。石灰系固化材は、市販の工業用消石灰(特号, $\text{Ca}(\text{OH})_2$)を母材とし、これに石膏と石川ライトと呼ば

れる珪質岩の廃材を添加材として組み合わせたものである。石膏は石川県内の建築現場から排出した廃石膏ボードを破碎分離して得られた二水石膏を、110℃で加熱処理させた半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)である。珪質岩はシリカ(SiO_2)を主成分とする多孔質材料で、古くからスラグを取り除くための除滓材や濾過材などに多用されてきたが、これらの用途には一定以上の粒径確保(0.25mm)が求められる。そこで本研究では、廃棄される0.25mmに満たない珪質岩(珪質土)を本固化材の添加材として利用することにした。各原料の比率は乾燥質量比で消石灰2に対して、半水石膏1、珪質岩の廃材1である。この配合は廃石膏ボードの破碎分離後に得られる二水石膏、廃材として排出される珪質岩の安定的な供給、および石灰系固化材の大幅なコストダウンを見込んで決定した。

処理対象土には、京都市深草地区で採取された市販のパウダー状の粘性土試料(0.425mmふるい通過分)を用いた。以後、2014年度に購入したこの土試料を「藤森土2014」と呼ぶ。

(2) 試料調整および供試体の作製方法

試料調整および供試体(直径5cm、高さ10cm)の作製方法について説明する。まず、加水調整した藤森土2014に所定の混合率(12%)で石灰系固化材を混ぜ合わせた後、乾燥しないように施し、インキュベーター内にて一定温度(20℃)のもと、3日間湿潤養生させる。この間にエトリング反応が起こる。養生終了後、よく解きほぐした短繊維を所定の混合率(0.1、0.3、0.5%)で土試料に混ぜ合わせ、円筒形の割型モールドに詰めて静的に締固める。その後脱型し、所定の圧密応力(拘束圧)のもとで、三軸圧縮試験を開始する。なお、作製したすべての供試体の含水比と乾燥密度は、処理対象土である藤森土の最適含水比(=24.4%)と最大乾燥密度(=1.524g/cm³)と同じ値になるように設定してある。

4. 研究成果

十分に敷均しが施された土構造物を想定し、締固めた短繊維混合固化処理土のせん断強度・ダイレイタンスー特性を把握するため、作製した供試体に対して、圧密非排水・排水三軸圧縮試験を実施した。

図-1と2に試験結果を示す。まず、挙動全体を見てみると、短繊維混合固化処理土は拘束圧 σ_c' の高低に関係なく、非排水・排水試験ともに短繊維を混ぜ合わせることによって強度発現効果が得られている。しかしながら、この強度発現効果は短繊維混合率0.3%で最も高く、0.5%では逆に0.1%よりも低くなっている。また短繊維を混ぜ合わせたことによって、非排水試験では破壊に至らない(ピーク強度に達しない)明瞭なひずみ硬化挙動を示しているのに対し、排水試験では破壊に至っ

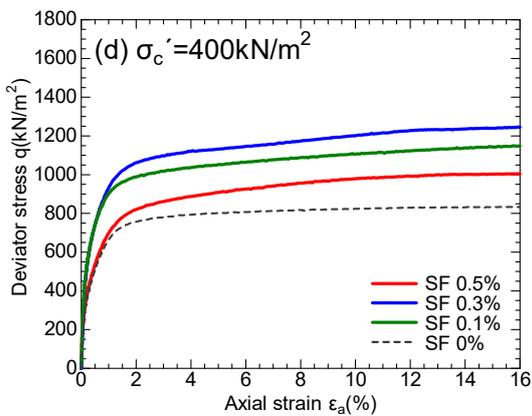
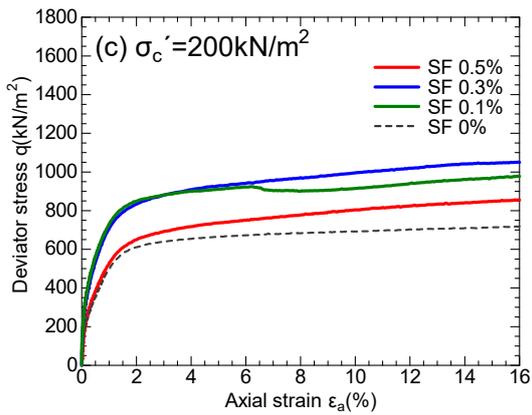
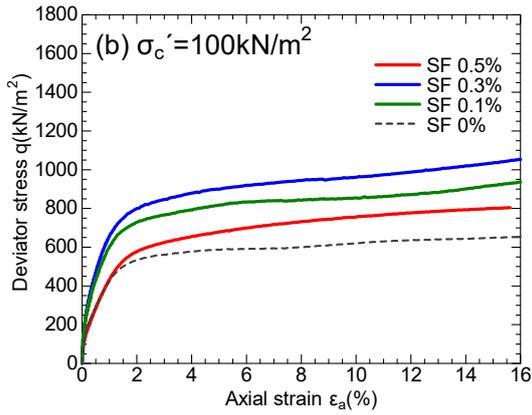
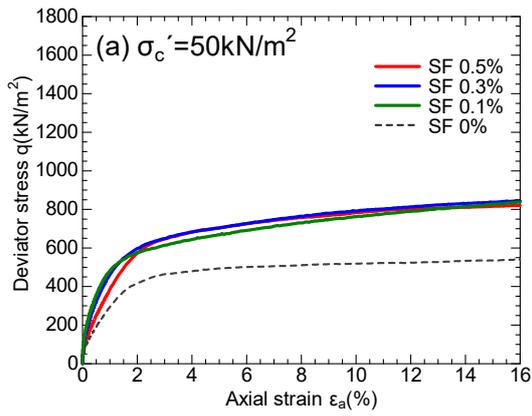


図-1 軸差応力-軸ひずみ関係 (非排水)

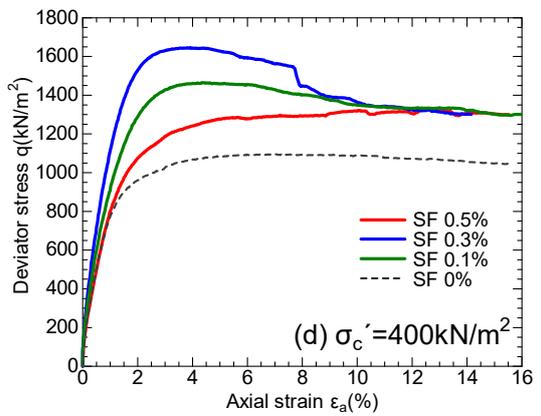
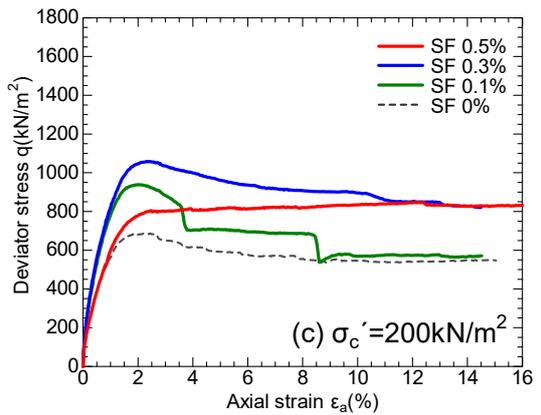
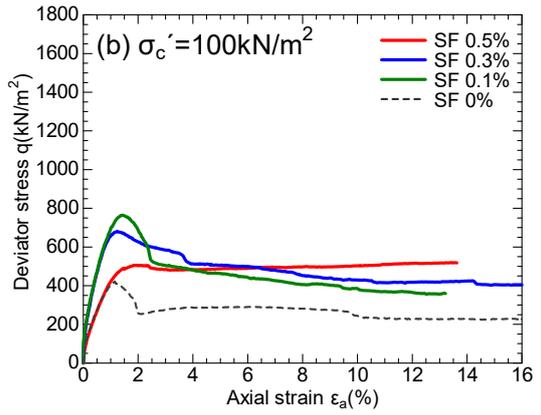
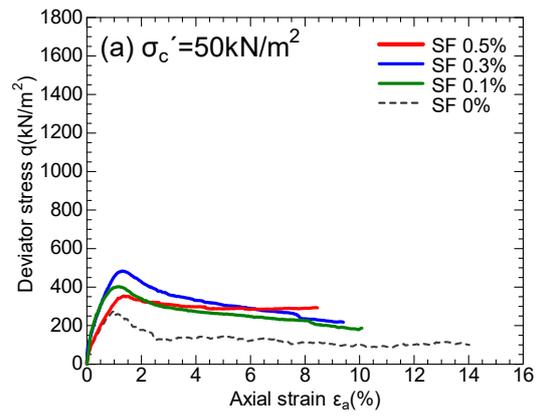


図-2 軸差応力-軸ひずみ関係 (排水)

ても急激な軟化を抑制している。さらに排水試験の結果に注目すると、短繊維混合率 0.5% は石灰系固化材による強度発現を妨げているように見えるが、ピーク強度を過ぎた後のひずみ軟化の抑制に対しては、非常に高い効果をj得ている。特に $\sigma_c' = 50 \text{ kN/m}^2$ を除く 100, 200, 400 kN/m^2 においては、ひずみ軟化が全く認められない。短繊維混入による靱性効果が存分に発揮されていることが要因の1つと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 重松宏明, 高井静也, 寺田惇輝, 島崎航平: 短繊維混合固化処理土の強度・変形およびタフネス, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 2018.8.
- ② 重松宏明, 北尾彩華, NUR AINA AFIQAH BINTI ABDUL RAHMAN, 高井静也: 短繊維混合固化処理土の強度およびタフネス, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017.7.
- ③ 重松宏明, 多田駿太郎, 能澤貴人, 山栗祐樹: 短繊維混合固化処理土の強度定数に関する一考察, 第 71 回土木学会年次学術講演会, 2016.9.
- ④ 重松宏明, 多田駿太郎, 山栗祐樹, 能澤貴人: 短繊維混合固化処理土の養生初期における力学特性, 第 51 回地盤工学研究発表会, 2016.9.
- ⑤ 重松宏明, 山栗祐樹, 西田大晃: 短繊維混合固化処理土の強度・靱性および吸水膨張特性, 第 70 回土木学会年次学術講演会, 2015.9.
- ⑥ 重松宏明, 山栗祐樹, 西田大晃: 短繊維混合固化処理土の強度および靱性【査読有り】, 第 11 回環境地盤工学シンポジウム, 2015.7.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

重松宏明 (SHIGEMATSU, Hiroaki)
石川工業高等専門学校・環境都市工学科・教授
研究者番号: 90353268

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

田中 均 (TANAKA, Hitoshi)
株式会社 田中建設