

短繊維混合固化処理土の強度・変形およびタフネス

石川工業高等専門学校 正会員 重松宏明
 石川工業高等専門学校 学生会員 ○高井静也
 (株)鴻池組 寺田惇輝
 (株)金沢環境サービス公社 島崎航平

1. 緒言

短繊維補強土工法の特徴は、土や安定処理土に長さ数十～数百 mm 程度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。このため、強度のみならず、タフネスや耐浸食性など、土の地盤材料としての力学的な向上が期待できる。最近では、盛土斜面の被覆材や土留擁壁、廃棄物処分場における遮水シートの保護材などに適用されることが多い。本研究は、石灰系固化材に短繊維を組み合わせて改良を施した「短繊維混合固化処理土」の基本的な力学特性を一軸圧縮試験から検証したものである。

2. 室内実験の概要

まず、実験で使用する各種材料について説明する。短繊維 (Short-Fiber, SF) 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。固化材は、筆者らがこれまで開発してきた廃棄物由来の石灰系固化材¹⁾で、「工業用消石灰」を母材とし、これに廃石膏ボードを破碎分離・加熱処理させた「半水石膏」と、シリカを主成分とする「珪質岩の廃材 (0.25mm ふるい通過分)」を添加材として加えたものである。固化材の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。一方、処理対象土には、土質試験の一斉試験などでよく使われる京都市深草地区で採取された市販の乾燥した粘性土試料を用いた (以後、藤森土と呼ぶ)。表-1 に 0.425mm ふるいで通過させた藤森土の物理特性を示す。

表-1 藤森土の物理特性

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.705
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.524
最適含水比 w_{opt} (%)	24.4
砂分 (%)	5.7
シルト分 (%)	75.7
粘土分 (%)	18.6
液性限界 w_L (%)	42.1
塑性限界 w_P (%)	22.7
塑性指数 I_P	19.4
活性度 A	1.52

次に、試料調整および一軸圧縮試験用供試体 (直径 5cm、高さ 10cm) の作製方法について説明する。表-2 に実験試料の基本配合を示す。加水調整した藤森土に所定の混合率 (12%) で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、一軸圧縮試験を実施する。なお、表-2 の基本配合に従って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調整してある。

表-2 基本配合 (乾燥質量100g当たり)

短繊維混合率 (%)	0	0.1	0.3	0.5
固化材混合率 (%)	12			
A 短繊維 (g)	0	0.1	0.3	0.5
B 土質材料 (g)	88.0	87.9	87.7	87.5
C 固化材 (g)	12.0			
加水量* (g)	24.4			

$$*: \text{加水量} = (A + B + C) \times \frac{w_{opt}}{100}$$

3. 結果および考察

(1) 短繊維混合固化処理土の強度・変形特性

図-1～3 は短繊維混合固化処理土の一軸圧縮試験の結果を示す。図-1 より、短繊維混合率の増加に伴って一軸圧縮強度 q_u は増大しているように見えるが、期待するほどの大きな強度発現効果は得られていない。しかしながら、図-2 のピーク点を過ぎてからの挙動に注目すると、短繊維を含まない SF0% はピーク強度に達した直後に急激なひずみ軟化が見られ、脆性破壊を起こしている。これに対し、短繊維を混ぜ合わせた供試体はピーク後のひずみ軟化が抑えられ、短繊維を増やすことによって、さらに軟化の程度が緩やかになっていく。この現象は後述するタフネスに大きく関係する。変形係数を見てみると、図-3 に示すように、短繊維混合率 0.1% で一旦上昇し、その後短繊維の増加とともに低下していく。これは短繊維を多く混入し過ぎると、かえって石灰安定処理土の剛性が低下してしまうことを意味する。

キーワード 短繊維, 強度, タフネス

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 石川工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 076-288-8168

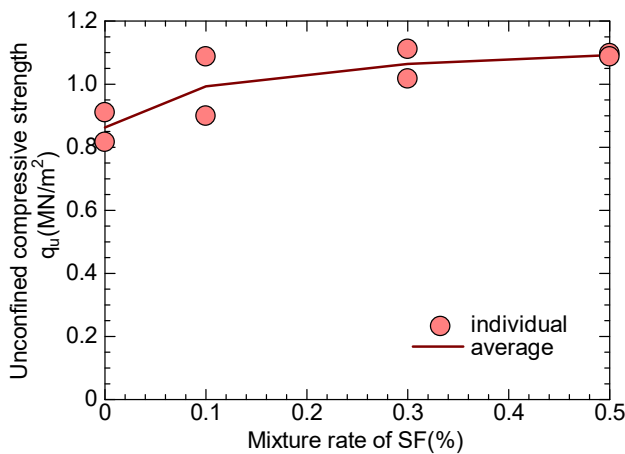


図-1 一軸圧縮強度と短繊維混合率の関係

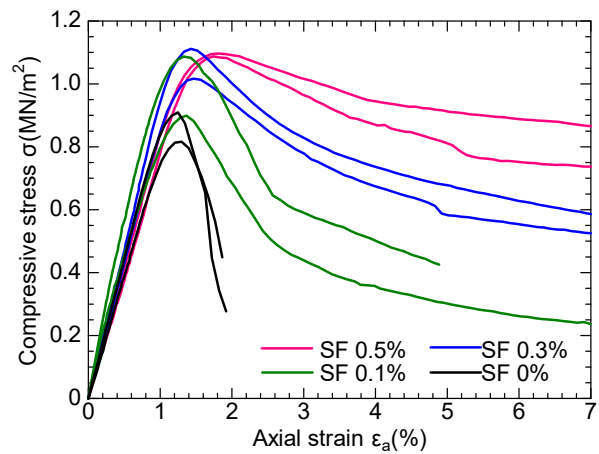


図-2 圧縮応力と軸ひずみの関係

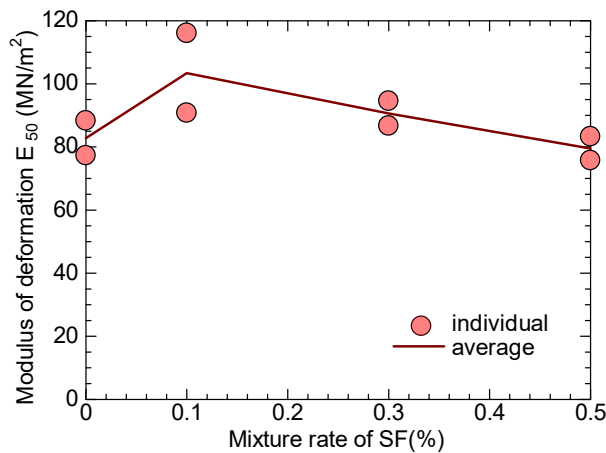


図-3 変形係数と短繊維混合率の関係

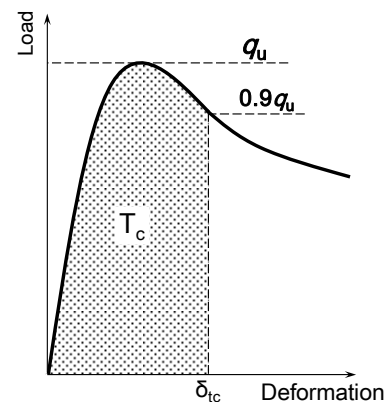


図-4 圧縮タフネスの定義

(2) 短繊維混合固化処理土のタフネス

日本コンクリート工学会 (JCI) 基準²⁾の中に、繊維補強コンクリートの圧縮タフネスが定められている。筆者らは JCI 基準に準拠して、圧縮タフネスを図-4 のように定義した。これを用いて、短繊維混合固化処理土のタフネス(靱性)を評価した。図に示すように、一軸圧縮試験の結果から、供試体の変形量 δ_{ic} が一軸圧縮強度 q_u の 90%に相当するまでの荷重-変形曲線下の面積を求め、これを圧縮タフネス T_c (J) とした。

圧縮タフネスと短繊維混合率の関係を図-5 に示す。図より、短繊維を少し混ぜ合わせただけで、 T_c が増大することが分かる。また q_u の場合とは異なり、短繊維の混入量を増やすことによって T_c は飛躍的に上昇していく。このことから、短繊維と石灰系固化材の組み合わせによって圧縮タフネスは増大し、靱性に富んだ材料の性質へと変化していく。

4. 結言

本研究は、短繊維混合固化処理土の基本的な力学特性を一軸圧縮試験から検証した。その結果、短繊維混入が石灰安定処理土の強度発現に大きく貢献することはないが、ピーク強度を過ぎてからのひずみ軟化は抑制できることが分かった。この点を圧縮タフネスで比較してみると、短繊維を混ぜ合わせることで石灰安定処理土は確実に靱性に富んだ材料の性質へと変化していくことが明らかになった。

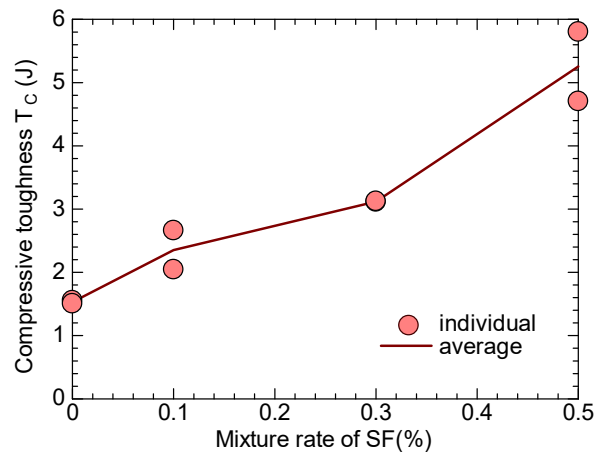


図-5 圧縮タフネスと短繊維混合率の関係

参考文献 1)重松宏明, 西澤誠, 藪下諒二, 吉村康平, 田中均, 辻要: 廃石膏ボード由来の半水石膏を混合した石灰安定処理土の強度発現特性, 土木学会論文集 C(地圏工学) Vol. 69, No. 2, pp.272-284, 2013. 2)公益社団法人日本コンクリート工学会: 繊維補強コンクリートの圧縮強度及び圧縮タフネスの試験方法, JCI 規準集, pp.73-76, 2004.