

短繊維混合土の強度および圧縮タフネスに関する実験的研究

石川工業高等専門学校 学生会員 ○吉田 千倅
石川工業高等専門学校 市田 まなほ
石川工業高等専門学校 正会員 重松 宏明

1. 緒言

短繊維混合補強土工法は、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」を持たせることができる。これによって、土自体が有する強度に、タフネス（靱性、粘り強さ）や耐浸食性が新たに加わり、土の地盤材料としての力学的な向上が期待できる。本研究は、砂質土と粘性土の2種類の処理対象土に短繊維を所定量混ぜ合わせ、締固めて供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。これらの結果から、短繊維のみの混合によってどの程度の強度発現効果および圧縮タフネスの増大が見込めるのかを検証した。

2. 実験の概要

本研究で使用する短繊維（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。処理対象土には、物性の全く異なる2種類の土試料を用意した。1つは石川県河北郡津幡町太田地区で採取した60%以上の砂分を含有する砂質土、他の1つは市販のシルト分70%を含有するシルト質の粘性土である。土試料の採取地点より、前者を「太田土」、後者を「藤森土」と呼ぶことにする。表-1に処理対象土の物理特性を示す。太田土と藤森土に対して、表に示すそれぞれの最適含水比に相当する量の脱気水を加えて練り混ぜた後、よくほぐした短繊維を所定の混合率（＝乾燥質量比：0, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0%）で混入し、均一になるまでよく混ぜ合わせた。その後、これらの土試料を円筒型の割型モールドに詰め、所定の締固めエネルギー（＝ $2E_c$, $1E_c=551\text{kJ/m}^3$ ）で突固めて供試体（直径：50mm、高さ：約100mm）を作製した。脱型後は直ぐに一軸圧縮試験を開始した。

3. 実験結果および考察

(1) 短繊維混合による強度発現効果

図-1は、短繊維（SF）混合土の一軸圧縮試験の結果で、一軸圧縮強度 q_u と短繊維混合率（SF混合率）の関係を示す。なお、SF混合率は太田土に対しては0.2～1.0%、藤森土に対しては0.2～0.6%とした。まず、短繊維混合による両処理対象土の強度発現効果について考察する。太田土の砂質土を処理対象土とした場合、SFの増加に伴って強度が大きく増大していく様子が見て取れる。一方、藤森土のような粘性土を処理対象土とした場合では、太田土とは異なり、強度は0.2%で一旦上昇するものの、その後はSFの量を増やしても強度の上昇は認められない。所定の締固めエネルギー、かつ最適含水比に設定して突固めた藤森土は、SF未混入であっても $q_u=400\text{kN/m}^2$ 程度の強度が得られている。これに対して、太田土は砂質土であるため、たとえ同じ条件で突固めたとしても、SFを含有しなければ $q_u=100\text{kN/m}^2$ にも達せず、非常に低強度である。SF混合率の増加にともなって一定の強度増大が認められるものの、藤森土の一軸圧縮強度を上回ることはなかった。このことから、短繊維を土の強度発現のための補強材として考えた場合、粘性土にはそれほど効果は無いが、

表-1 処理対象土の物理特性

処理対象土	太田土 (砂質土)	藤森土 (粘性土)
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.629	2.717
礫分 (%)	0	0
砂分 (%)	62.8	1.3
シルト分 (%)	26.4	70
粘土分 (%)	10.8	28.7
最大粒径 (mm)	2	0.425
液性限界 w_L (%)	30.7	49.6
塑性限界 w_P (%)	NP	24.1
塑性指数 I_P	-	25.5
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.698	1.47
最適含水比 w_{opt} (%)	15.3	24.3

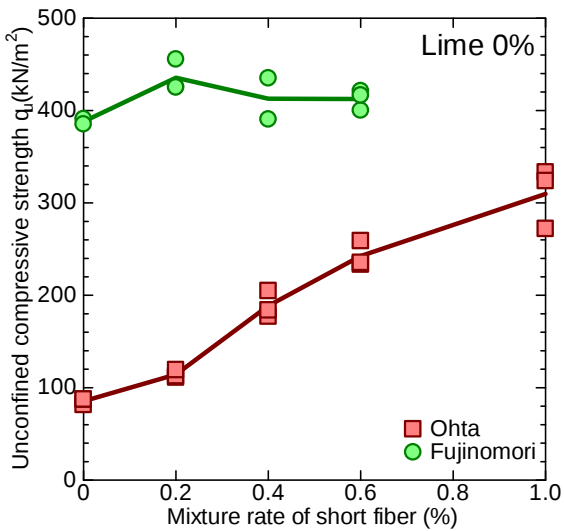


図-1 一軸圧縮強度と短繊維混合率の関係

キーワード 短繊維、一軸圧縮強度、圧縮タフネス

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

砂質土に対しては、短繊維と土粒子、短繊維同士が複雑に絡み合うことにより、砂質土であっても引張力を有するようになり、その結果一定の強度発現効果が得られることが理解できる。

次に、短繊維混合による供試体の破壊状況を確認する。写真-1 は、一軸圧縮試験終了後に撮影した供試体である。ただし、処理対象土の種類（砂質土もしくは粘性土）の違い、SF 混合率の違いによって試験終了時（撮影時）の圧縮ひずみ ε_a が大きく異なることに注意したい。写真で見られるように、短繊維を混ぜ合わせた場合では、せん断面上の短繊維によるせん断抵抗、つまり粘り強さ（タフネス）を感じ取ることができる。両供試体の写真の白線部分を拡大して注意深く見てみると、短繊維を混ぜ合わせた供試体は太田土・藤森土ともに土粒子と短繊維が複雑に絡み合っている様子が確認できる。

(2) 短繊維混合による圧縮タフネスの増大

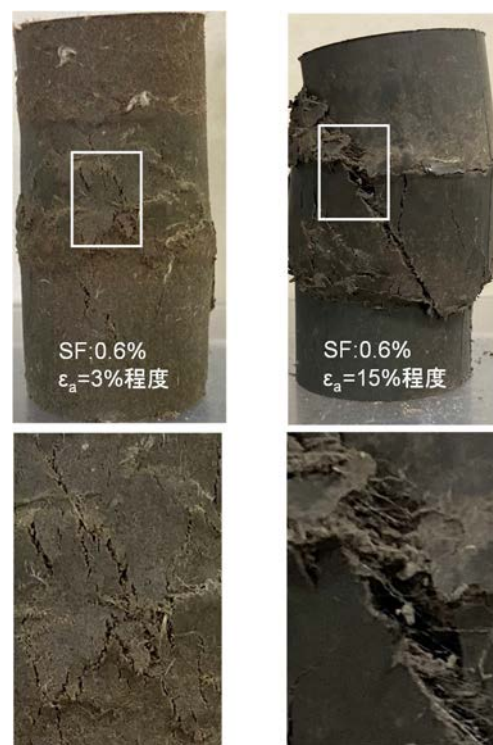
写真-1 で感じ取った「粘り強さ」を数値化するために、一連の一軸圧縮試験で得られた圧縮荷重と軸変位の関係から「圧縮タフネス」を定義した。本研究では、日本コンクリート工学会 (JCI) 規準¹⁾で定められている繊維補強コンクリートの圧縮タフネスの求め方に準拠して短繊維 (SF) 混合土の圧縮タフネスを図-2 のように定義した。図に示すように、一軸圧縮試験の結果から、ピーク点となる一軸圧縮強度 q_u の 95% ($=0.95q_u$) まで軟化した時点までの変形量 δ_{tc} (図-2(a))、 $0.95q_u$ まで軟化しない場合は、軸ひずみ $\varepsilon_a=7.5\%$ に相当する変形量 (図-2(b)) 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-3 に示す。図より、太田土・藤森土ともに、SF の増加に伴って T_c の著しい上昇が見られる。 T_c の上昇の割合は藤森土のほうが太田土よりも大きい。

以上のことから、砂質土である太田土は SF を混ぜ合わせることによって「引張力」が生まれ、かつ破壊した後も一定の強度を保ち続けることができる。この傾向は SF 混合率の増加に伴って大きくなることが分かった。一方、藤森土のような粘性土は、SF 混合に伴う強度発現効果はそれほどないものの、変形の進行に伴う強度低下がほとんど見られず、破壊した後も一定以上の強度を確保できることを確認した。

4. 結言

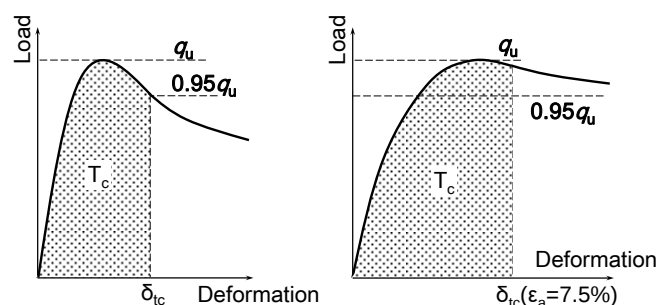
本研究は、砂質土と粘性土の 2 種類の土試料に対して、短繊維を所定量混ぜ合わせ、短繊維のみの混入でどの程度の強度発現効果が得られるのか、かつそれが破壊後の圧縮タフネスにどのような影響を及ぼすのかを一連の室内試験で調べた。その結果、砂質土を処理対象土とした場合では、短繊維の混入量増加に伴って強度は上昇した。これに対して、粘性土を処理対象土とした場合では、短繊維未混入でも、一定以上の強度が得られており、短繊維を混ぜ合わせても強度増加は全く見られなかった。圧縮タフネスについては、砂質土・藤森土ともに、短繊維混合率の増加に伴って著しく上昇した。



(a) 太田土

(b) 藤森土

写真-1 一軸圧縮試験終了後の供試体



(a) $0.95q_u$ まで軟化した場合 (b) $0.95q_u$ まで軟化しない場合

図-2 圧縮タフネスの定義

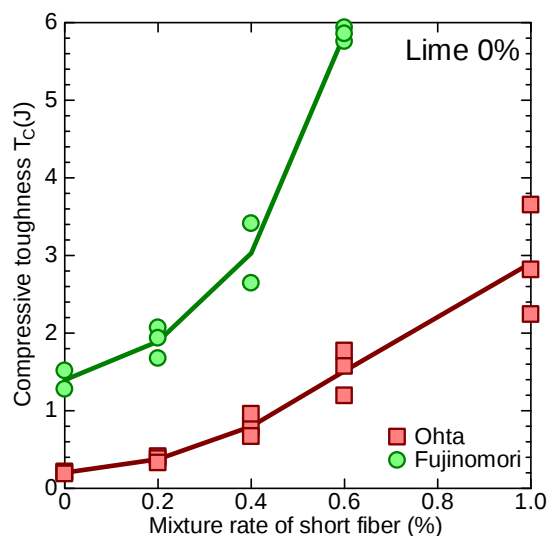


図-3 圧縮タフネスと短繊維混合率の関係

参考文献 1)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 基準集，pp73-76，2004