

バサルト繊維を用いた短繊維混合補強土の三軸圧縮（CU-bar）強さ

西松建設 正会員 ○平野 孝行，土木研究所 正会員 加藤 俊二
土木研究センター 正会員 土橋 聖賢，フジタ フェロー 阪本 廣行
伊藤忠 TC 建機 正会員 堀 常男，テルナイト 非会員 富樫 嗣彦

1. 目的

短繊維混合補強土工法は，土または安定処理土に短繊維を混合することで強度，靱性（ねばり強さ）などの力学的特性の向上や，降雨・流水などに対する耐侵食性の向上などを期待する工法である．筆者らは，本工法の適用範囲の拡大を目指す一環として，短繊維混合補強土の諸特性について試験報告を行うと共に，経済性および環境安全性追求の一環として低廉な繊維の採用に向けた試験報告も行っている¹⁾．今般，玄武岩を 1,500 ～ 1,600 °C で溶融紡糸したバサルト繊維を用いて作製した短繊維混合補強土について実施した力学試験の内，三軸圧縮（CU-bar）強さに関する知見を報告するものである．

2. 試験方法

2-1 使用材料と試験ケース

試験に用いた原料土は香取産の細粒分質砂であり，固化材は高炉セメント B 種を用いている．繊維は単糸繊維径 34 μm （96 filament，集合体太さ 1,100 dtex）のポリエステル繊維（以下 P 繊維）と単糸繊維径 9 μm のバサルト繊維（以下 Ba 繊維）で，長さはいずれも 60mm を用いた．使用材料の詳細，試料の調整と供試体の作製に関しては，参考文献 2) に示している．

試験ケースは，固化材を 3 ケースの添加率（0%，2%，4%）で混合した試料に対して，繊維を混入しない原料土の場合と P 繊維を 0.2% 混入した場合，Ba 繊維を 0.4% 混入した場合の 3 種類の計 9 ケースで実施した（表-1）．なお，繊維の混入率は原料土の乾燥質量比で求めているため，P 繊維と Ba 繊維の比重差を考慮した．

表-1 試験ケース番号
(繊維混合率：対原料土乾燥質量比)

固化材添加率 (%)	原料土	P 繊維 繊維混入率 0.2%	Ba 繊維 繊維混入率 0.4%
0.0	Case-1	Case-4	Case-7
2.0	Case-2	Case-5	Case-8
4.0	Case-3	Case-6	Case-9

試験方法は地盤工学会基準「土の圧密非排水（CU-bar）三軸圧縮試験方法（JGS 0523 - 2009）」に従った．

3. 試験結果

図-1 にモール円より導いた有効応力強度（ c' ， ϕ' ）について，固化材添加率との関係を示す．図中□で示す粘着力 c' は，繊維の有無などで多少のばらつきは見られるものの，添加率 4% の場合に急激な増加を示している．また，図中塗りつぶし△で示す内部摩擦角 ϕ' は，繊維の混入の有無にかかわらず固化材の添加率に応じて微増する傾向もみられる．しかし， ϕ' が主に土粒子の骨格構造により決まると考えられることや，固化材を用いない場合の ϕ' は短繊維混合補強土と原料土でほとんど変化しないこと³⁾などを考えると，図-1 に示す ϕ' の変化は，モール円から求める際の幾何学的な誤差や試料そのもののばらつきであると考えることが妥当である．

そこで，①短繊維と固化材による補強効果は c' の増加となる，②土粒子の骨格構造のみが ϕ' に寄与するという仮定の下，今回得られた ϕ' の平均値を原料土の持つ真の値と想定し，破壊包絡線を修正した結果を図-2 に示す．繊維の有無，種類にかかわらず c' は固化材の添加率に応じて増加し，添加率 4% で急激に増加している．また，原料土と比べた場合，固化材の添加率にかかわらず P 繊維の場合は c' の増加がみられるのに対して，Ba 繊維では，ほとんど変わらない結果となっている．これは既報²⁾の一軸圧縮強さでも見られた現象である．

図-3～図-5 には，この仮定で整理した応力経路を示す．いずれの固化材添加率でも，原料土と Ba 繊維がほぼ同じ破壊線であるのに対して，P 繊維だけが大きくなっていることがよくわかる．一方，応力経路について明確な傾

キーワード：短繊維混合補強土，バサルト繊維，三軸圧縮強さ，応力経路

連絡先：〒105-6407 東京都港区虎ノ門一丁目 1 7 番 1 号 虎ノ門ヒルズビジネスタワー

西松建設株式会社 土木事業本部 土木設計部 TEL 03-3502-7640

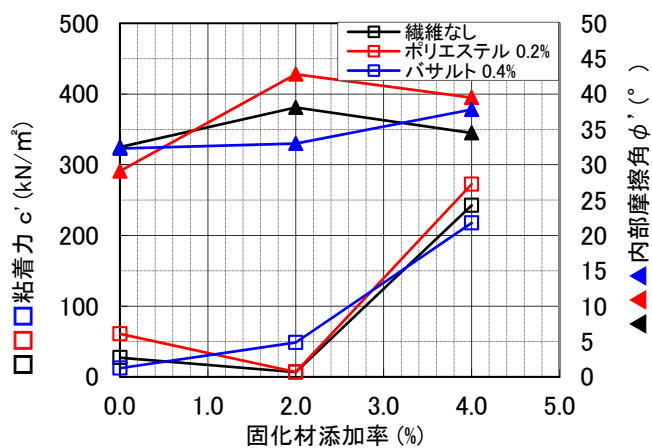
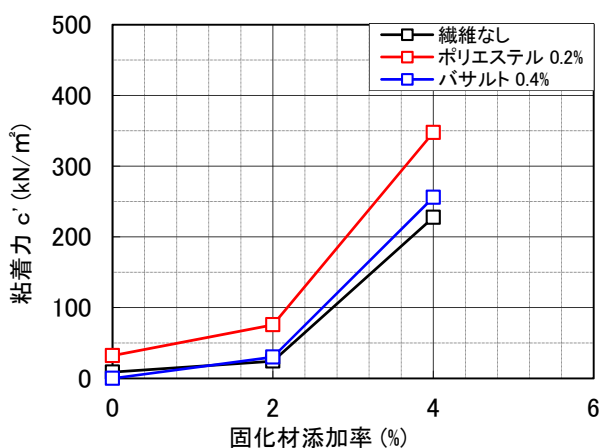
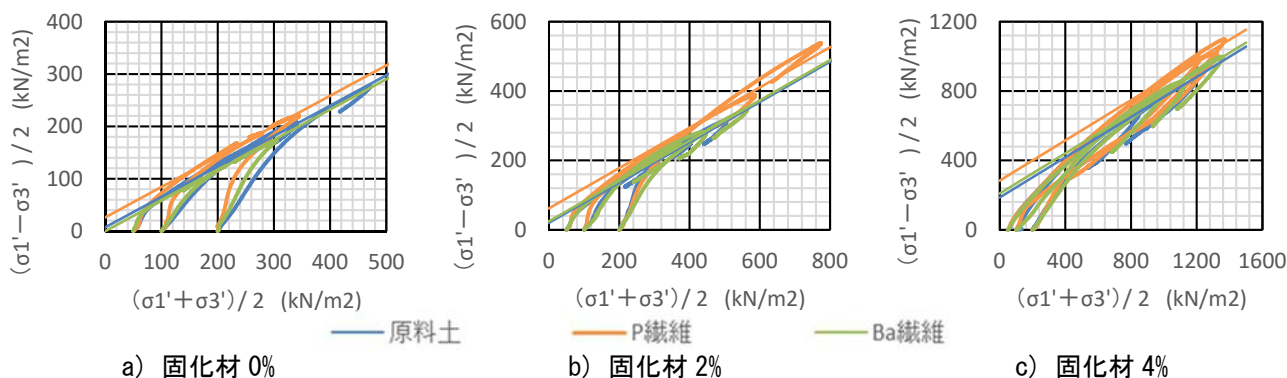
図-1 c' , ϕ' と固化材添加率の関係図-2 c' と固化材添加率の関係 (ϕ' 一定と仮定)

図-3 繊維混入の有無と種類の違いによるCU-bar試験下の応力経路

向を見出すことは出来ていないが、これは固化材による強度発現効果が大きいことが原因ではないかと考えている。

写真-1 と写真-2 は、原料土（固化材添加 0%）に、P 繊維を 0.2% と Ba 繊維を 0.4% 混入して、文献 2) に示す方法で混合した試料である。P 繊維の解繊・分散状況がよくわかるのに対して、Ba 繊維は P 繊維のように目視可能な状況ではなく、確認できても赤矢印で指した個所などに散見される程度である。岩石由来の繊維であるがゆえに、原料土とのなじみが良く解繊・分散ができていないのかもしれないが、その長さはいずれも投入時の 60mm を大きく下回り破断されている。

4. まとめ

Ba 繊維による明確な強度増加の知見を得ることはできなかった。既報²⁾に示す Ba 繊維の変形特性の要因が考えられる。一方、本工法の場合、補強効果を得るには繊維に一定の長さが必要なが分かっている⁴⁾。混合土中には非常に短く裁断された Ba 繊維が散見できる程度でしかなかったことも、強度に大きな改善が見られないことの一因と考えている。

謝辞

本研究は、(国研) 土木研究所とハイグレードソイル (HGS) コンソーシアムとの共同研究の一部を報告するものである。本報告に当たり、コンソーシアム会員からは、数々の助言・指導を頂いている。末筆ではあるが、ここに謝意を表すものである。

参考文献

- 1) 例えば、平野・加藤・土橋・阪本・藤井・堀：長さの異なる繊維を用いた短繊維混合補強土の締固め特性，第 55 回地盤工学研究発表会，2020。
- 2) 平野・加藤・土橋・阪本・藤井・堀：バサルト繊維を用いた短繊維混合補強土の一軸圧縮強さ，第 57 回地盤工学研究発表会，2022（投稿中）。
- 3) 平野，加藤，土橋，阪本，藤井，堀：短繊維混合補強土の三軸圧縮(CU-bar)強さ，第 74 回地盤工学研究発表会，2019。
- 4) 例えば，阪本，吉田，土橋，藤井，平野，西村：短繊維混合補強土のインデックス値と強度特性，第 71 回土木学会全国大会，2016。



写真-1 P 繊維混合状況



写真-2 Ba 繊維混合状況