

第 III 部門

古紙微細粉体による泥土処理にセメントを添加した際の一軸圧縮試験

京都大学大学院

学生会員 ○浅井 泰一郎

京都大学大学院

正会員 澤村 康生, 宮崎 祐輔, 矢野 隆夫

京都大学大学院

フェロー会員 木村 亮

1. はじめに

近年、建設現場で発生する建設汚泥や浚渫土砂の再利用が求められている。このような泥土は粘土やシルト分を多く含み、さらに含水比が高いため取り扱いが難しく、運搬性に欠け、直接再利用することは困難である。これに対し、古紙を原料とする微細粉体（以下、古紙微細粉体、Fine shredded Paper: FSP）を高含水泥土に添加・攪拌することで、運搬性が向上することが明らかになった¹⁾²⁾。しかし、FSP による処理泥土を運搬先で再利用する方法に関しては、十分に検討されていない。

本研究では、FSP 処理泥土にセメントを添加した際の圧縮強度を調べるため、一軸圧縮試験（JGS 0511:2009 に準拠）を実施した。

2. 実験概要

実現場での浚渫土を模擬するため、笠岡粘土 ($w_L=62.1\%$)¹⁾を用いた。浚渫土の含水比を調べるため、飽和正規圧密粘土スラリー ($4w_L=248.4\%$) を 72 時間静置し、沈殿部の含水比を測定した。この予備実験の結果から容器下部に沈殿した粘土の含水比は、60% ~ 150%であった。これを踏まえ、初期含水比 100%, 150%, 200% (w_{100} , w_{150} , w_{200}) の高含水泥土を作製した。これら 3 ケースにおける FSP 添加量は、木田ら¹⁾によるフロー試験の結果に基づき、運搬性が確保される最小の添加量を求め、各粘土の乾燥質量に対して 9.9%, 13.6%, 17.8% (ケース名を FSP1.0 とする) と決定した。また、FSP による改良効果について検討するため、さらに FSP1.0 の 0.5 倍の添加量 (ケース名を FSP0.5 とする) の試験も実施した。セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。添加量は、Vivian et al³⁾の研究で用いられている $w/c=7.5$ (C7.5) に加え、 $w/c=3.75$ (C3.75), $w/c=15$ (C15) も実施した。表 1 に実験ケースを示す。

以下に実験手順を示す。

- (1) 乾燥状態の粘土に、所定の配合量のセメント、FSP を加えて混ぜ合わせる。
- (2) 粘土のみの初期含水比が所定の配合量になるよ

うに蒸留水を加え、バイブレーターを用いて混ぜ合わせてスラリーを作製する。

- (3) 直径 50 mm, 高さ 100 mm のモールドにスラリーを充填し、温度 20℃, 湿度 60% の恒温恒湿室内で高分子フィルムにより被覆した状態で 1 日湿潤養生する。その後、水温 20℃ で 6 日水中養生する。
- (4) 供試体表面を気中で 1 時間乾燥させた後、一軸圧縮試験を実施する。

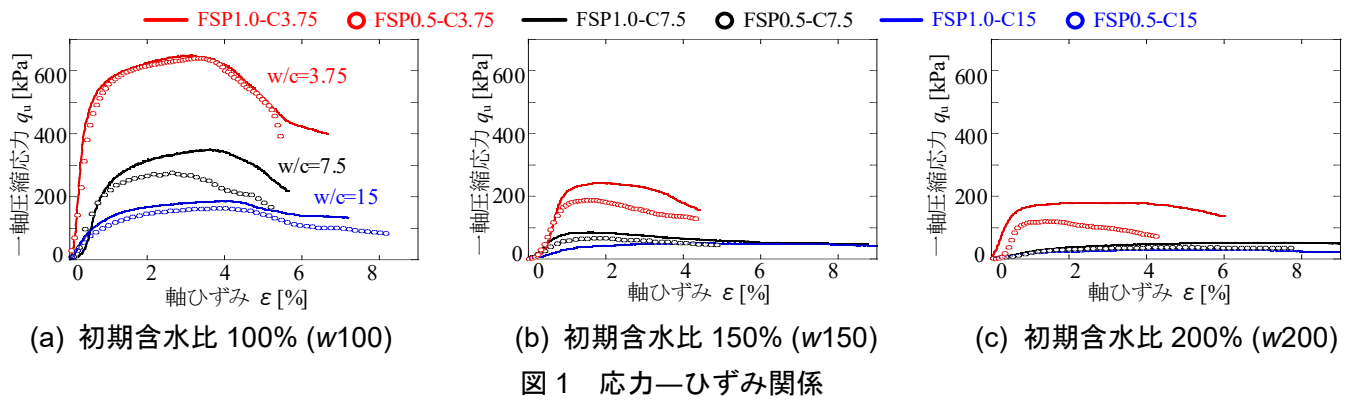
3. 実験結果

3.1. セメント添加量の影響

図 1 に応力-ひずみ関係を示す。セメント添加量が増えると一軸圧縮強さは増加している。一方、 w_{100} -FSP0.5-C7.5 のケースは一軸圧縮強さ $q_u=270$ kPa であるのに対し (表 1), w_{150} -FSP1.0-C3.75 のケースや w_{200} -FSP1.0-C3.75 のケースは、それぞれ一軸圧縮強さ $q_u=249.4$ kPa, 180.0 kPa である。したがっ

表 1 実験ケースと一軸圧縮強さ q_u

Case	w [%]	FSP 添加量 [%] ([kg/m ³])	セメント 添加量 w/c ([kg/m ³])	q_u [kPa]
w_{100} -FSP0.5-C3.75	100	4.95 (32.8)	3.75 (194.6)	607.8
w_{100} -FSP0.5-C7.5			7.5 (97.3)	270.0
w_{100} -FSP0.5-C15			15 (48.7)	161.2
w_{100} -FSP1.0-C3.75		9.90 (72.3)	3.75 (194.6)	658.9
w_{100} -FSP1.0-C7.5			7.5 (97.3)	349.6
w_{100} -FSP1.0-C15			15 (48.7)	183.5
w_{150} -FSP0.5-C3.75	150	6.80 (36.4)	3.75 (214.0)	177.3
w_{150} -FSP0.5-C7.5			7.5 (107.0)	69.1
w_{150} -FSP1.0-C3.75		13.6 (72.7)	3.75 (214.0)	249.4
w_{150} -FSP1.0-C7.5			7.5 (107.0)	84.6
w_{150} -FSP1.0-C15			15 (53.5)	52.2
w_{200} -FSP0.5-C3.75	200	8.65 (36.5)	3.75 (232.2)	121.1
w_{200} -FSP0.5-C7.5			7.5 (116.1)	38.1
w_{200} -FSP1.0-C3.75		17.3 (73.0)	3.75 (232.2)	180.0
w_{200} -FSP1.0-C7.5			7.5 (116.1)	52.1



て、初期含水比が大きい場合に強度を発現させるためには、より多くのセメントを添加する必要がある。

3.2 FSP 添加量の影響

図 1 より、FSP1.0 のケースと FSP0.5 のケースを比較すると、いずれのケースも FSP 添加量の増加による一軸圧縮強さの増加はわずかであり、セメントを添加する場合の方が強度増加は顕著である。

また、FSP 添加量の増加により残留強度はわずかに増加した。これは、写真 1 に示す破壊後の供試体の様子から分かるように、FSP が多いと FSP 繊維によって変形が抑制され、より靱性的な挙動を示すためと考えられる。

3.3 見かけの水セメント比についての検討

FSP はセルロース繊維の絡み合いを持つ構造をしており、その空隙の内部に粘土の自由水を取り込み、粘土の見かけの含水比を低下させることが影響していると考えられる。ここで、FSP1.0 g は 7 g 程度吸水することが確認されている²⁾。本実験の FSP は等しく 1.0 g 当たり 6.9 g の水を吸収すると仮定して自由水量を求め、これに基づき見かけの水セメント比を全てのケースで算出した。図 2 に見かけの水セメント比と一軸圧縮強さの関係を示す。図 2 (b) より、w100-FSP1.0 と w100-FSP0.5 を比較すると、同じ水セメント比に対して FSP 添加量が多い方が、一軸圧縮強さは増加していることが分かる。これは、FSP を添加することで自由水に対するセメントの割合が増加することが要因であると考えられる。

4. 結論

初期含水比が大きい場合に強度を発現させるためには、より多くのセメントを添加する必要がある。また、FSP による強度発現効果は、セメントによる

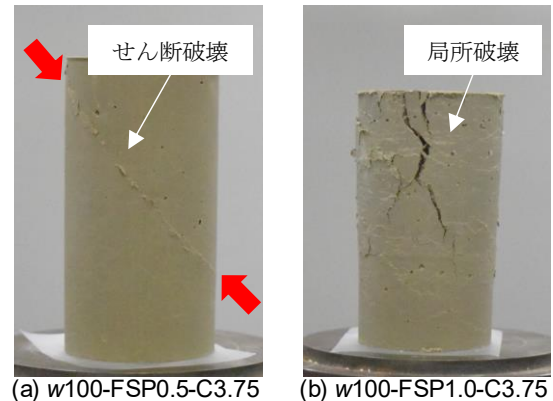


写真 1 FSP0.5 と FSP1.0 の破壊後の供試体

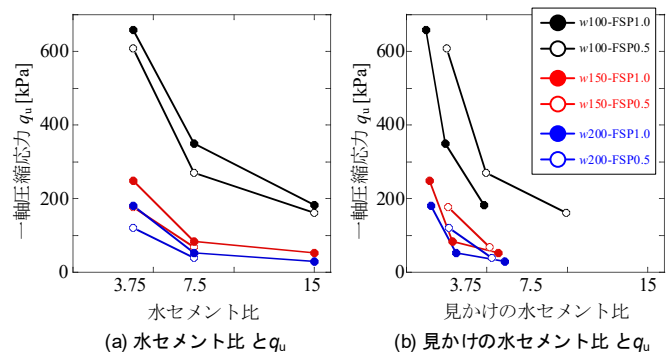


図 2 見かけの水セメント比と一軸圧縮強さの関係

それに比べて小さい。しかし、FSP の自由水に対するセメントの割合を増加させる効果が、セメント添加時の一軸圧縮強さに寄与する。

参考文献

- 1) 木田翔平, 澤村康生, 矢野隆夫, 木村 亮: 古紙を原料とする微細粉体を用いた高含水泥土処理における強度と運搬性の変化, 第 13 回地盤改良シンポジウム論文集, No.9-3, pp.443-450, 2018.
- 2) 澤村康生, 矢野隆夫, 相原恵一, 西村正幸, 木村 亮: セルロースを主成分とする微細粉体による高含水泥土の力学特性変化, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, No.15-4, pp.505-510, 2017.
- 3) Vivian, N.G., Miyazaki, Y., Sawamura, Y., Yano, T. and Kimura, M.: Compressive strength characteristics of a cement-fine shredded paper-treated clay, *Proc. of the 55th Annual Meeting of the Japan National Conference*, No.22-10-1-08, 2019.