

古紙を原料とする微細粉体による高含水泥土の処理および運搬性の向上

京都大学大学院 学生会員 ○木田翔平
 京都大学大学院 正会員 澤村康生, 矢野隆夫, 木村 亮

1. はじめに

建設汚泥などの高含水泥土は、水を多量に含むため、そのままでは搬出・積載・運搬することはできない。本研究では高含水泥土の処理方法として、古紙を微細な粉末状に加工した微細粉体（FCP: Fine Cellulose Powder）¹⁾を用いる。本工法は、高含水泥土にFCPを添加・攪拌するのみで対象泥土の化学組成を問わず即時に処理することができ、環境への影響も少ない。本研究では、FCPにより高含水泥土を処理した際の処理泥土の運搬性に関する検討を目的として、フロー試験および振動台実験を実施した。

2. 実験概要

本実験では、高含水泥土の母材としてシルト分を多く含む低塑性シルトである藤森粘土（ $G_s = 2.68$, $w_L = 48.5\%$, $w_p = 28.0\%$, $I_p = 20.5$ ）を用いた。高含水泥土を作製する際には、はじめに所定の含水比（藤森粘土の液性限界 $w_L = 48.5\%$ の2, 4, 8倍）に調整した粘土スラリーを脱気・攪拌により飽和させ、恒温恒湿室で1日以上養生した。その後、泥土に含まれる水に対して、重量比で5, 10, 20, 30%のFCPを添加し、十分に攪拌した。表1に本研究における実験ケースを示す。

実験には、紙粉またはシュレッター屑を原料とする2種類のFCPを使用した。ここで紙粉とは、印刷・製本会社等において発生する裁断屑や研磨により発生する粉末である。なお以下では、紙粉またはシュレッター屑を原料とするFCPを、それぞれ紙粉、シュレッター屑と呼称する。事前に実施した吸水試験¹⁾により、本研究に用いた紙粉およびシュレッター屑の1gあたりの吸水量は、それぞれ5.125gと6.890gであった。

図1にフロー試験の概要図を示す。一般的にフロー試験はモルタルの流動性を評価する際に用いられる試験であるが、本研究では高含水泥土の流動性評価の指標として用いた。試験はJIS R 5201に準拠し、フローテーブルを毎秒1回の速さで15回落下させた時点でのフロー値（ ϕ ）を計測した。フローコーンに試料を充填する際には、FCPの添加率10%以下の試料は流動性

が高いため、突き棒により気泡を除去しながら充填した。一方、FCPの添加率20%、30%の試料は、流動性が低いため、乳棒により何層かに分けて突固めた。

振動台実験は、藤森粘土の液性限界2倍の含水比（ $w = 97.0\%$ ）の飽和粘土スラリーを対象とし、FCPを添加

表1 実験ケース

初期含水比 w [%]	FCPの原料	FCP添加率 [%]
97.0 ($w_L \times 2$)	紙粉	0, 5, 10, 20, 30
194.0 ($w_L \times 4$)		
388.0 ($w_L \times 8$)		
97.0 ($w_L \times 2$)	シュレッター屑	5, 10, 20, 30
194.0 ($w_L \times 4$)		
388.0 ($w_L \times 8$)		

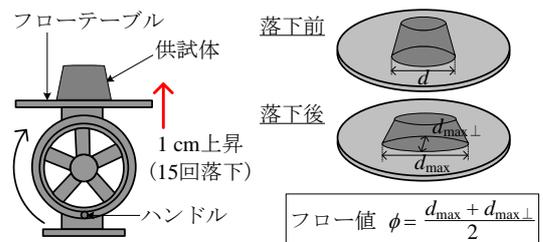


図1 フロー試験の概要図

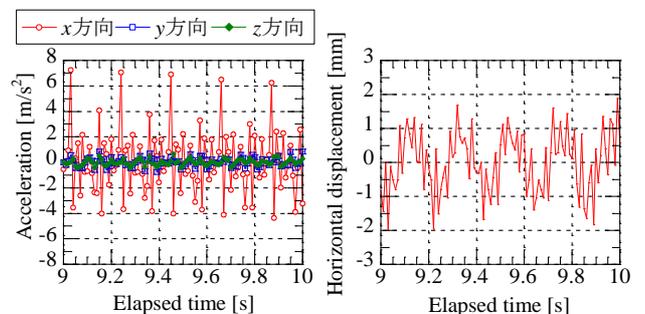


図2 入力振動

図3 水平変位

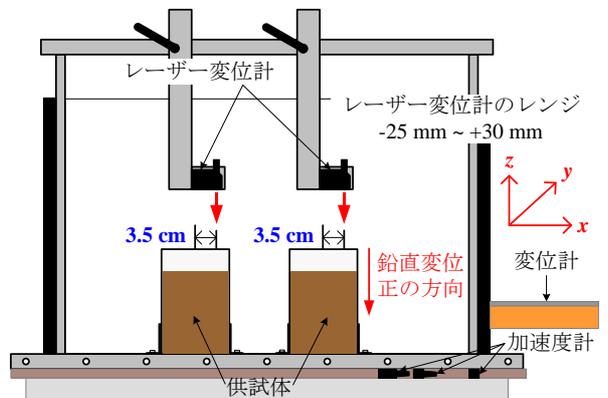


図4 振動台実験の概要図

しないケースおよび紙粉を 5, 10, 30 % 添加・攪拌した計 4 ケースを実施した。入力振動を図 2 に示す。x 方向の水平変位を図 3 に示す。入力振動は、臼田ら²⁾のトラック輸送振動の検討を基に、5 Hz, 振幅 1 mm の正弦波に決定し、2 時間加振した。図 4 に実験の概要図を示す。供試体を幅 100 mm, 奥行き 100 mm, 高さ 150 mm のアクリル容器に高さ 120 mm まで充填し、供試体表面の鉛直変位をレーザー変位計で計測した。

3. 実験結果と考察

図 5 に FCP の添加率とフロー値の関係を示す。FCP を添加していないケースでは、供試体の流動性が高く、フロー値を計測できなかった。一方で、FCP を添加したケースでは、含水比が 400 % 程度の高含水泥土であってもフロー値が計測可能な状態にまで流動性を低下させることができた。また、添加率が増加するにつれてフロー値が顕著に減少しており、流動性が大幅に低下していることが確認できる。

図 6 に振動台実験における 3000 秒後付近の供試体表面の鉛直変位を示す。FCP を添加していないケースでは、局所的に変位が増大している箇所を含め全体的に変位が大きい。一方、紙粉を添加したケースでは変位が抑制されており、紙粉による処理効果が確認できる。特に添加率 5 % のケースではフロー試験においてフロー値が計測不能であったが、変位の抑制効果が確認できるため、泥土の運搬性は向上しているといえる。

振動台実験において、紙粉を 10 % 添加したケースは変位が大幅に抑制されているだけでなく、フロー値が計測できている ($\phi = 210.13$ mm)。この結果からフロー値 200 mm 程度以下であれば処理泥土を運搬できる可能性が高いと考えられる。そこで、図 7 に泥土の FCP 添加前の初期含水比とフロー値の関係を示す。図より、泥土の初期含水比が分かれば、フロー値を基に、泥土を運搬可能な状態に処理するために必要となる FCP の種類およびその添加率を算出することが可能である。

4. まとめ

FCP を添加・攪拌することで、含水比が 400 % 程度の高含水泥土もフロー値が計測可能な状態にまで流動性を低下させることが可能であることが明らかとなった。また、泥土の初期含水比が分かれば、フロー値を基に、泥土を運搬可能な状態に処理するために必要となる FCP の種類およびその添加率を推定できる。

<参考文献>

- 1) 澤村ら: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, 地盤工学会, No.15-4, pp.505-510, 2017.
- 2) 臼田ら:青果物の 3 次元輸送振動シミュレーションのための基礎研究, 農業施設, Vol.36, No.4, pp.215-222, 2006.

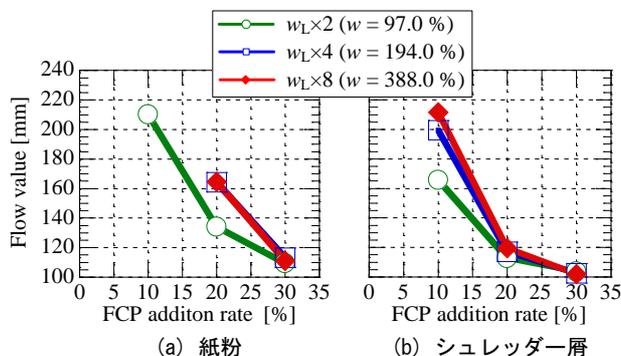


図5 FCP添加率とフロー値の関係

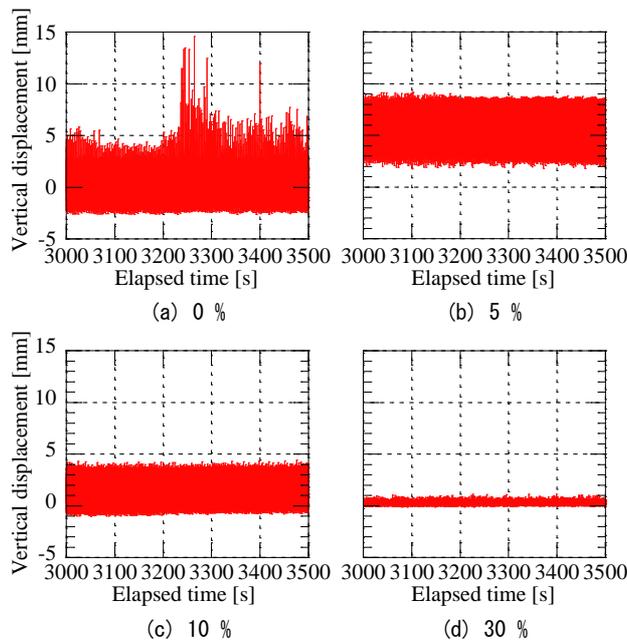


図6 供試体表面の鉛直変位の時刻歴

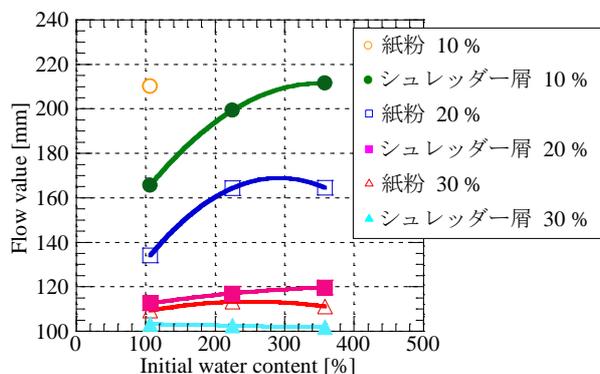


図7 初期含水比とフロー値の関係