

# 竹の吸水特性を用いた高含水比底泥の改良効果に寄与する固化材混入時間の影響

福岡大学 学生会員 西田麻美 石橋雅大

福岡大学 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

**1.はじめに** 著者らは<sup>1)</sup>、吸水効果を有する竹廃材を加工し、チップ・フレーク化したものを吸水材として高含水比な底泥に混合し、底泥の含水比を安価かつ効率的に低下させ、改良することを提案している。最終的には、竹フレーク・チップの吸水特性を利用し、吸水材を混合した高含水比底泥の改良効果の評価及びマニュアル化の確立を目指している。ここでは、竹によって吸水処理された底泥を固化処理する際の固化材混入時間の影響に着目し、力学特性の検討を行った結果について報告する。

## 2. 実験概要

### 2-1. 実験試料

土質試料は、佐賀県の長場恵ため池から採取した底泥を用いた。底泥の物理特性を**表-1**、粒径加積曲線を**図-1**に示す。土質試料は、 $I_g\text{-loss}=9.26\%$ と有機質土であり、 $F_c=82.6\%$ とシルト分を多く含んだ材料である。底泥の含水比を低下させる吸水材には、伐採された竹廃材を破碎・植織した2種類の

表-1 土質試料の物理特性

|                                            | 長場恵ため池底泥 |
|--------------------------------------------|----------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | 2.571    |
| 自然含水比 $w$ (%)                              | 97.1     |
| 強熱減量 $I_g\text{-loss}$ (%)                 | 9.26     |
| 最大粒径 (mm)                                  | 2.0      |
| 細粒分含有率 $F_c$ (%)                           | 82.6     |
| 液性限界 $w_L$ (%)                             | 72.95    |
| 塑性限界 $w_P$ (%)                             | 29.81    |
| 塑性指数 $I_p$                                 | 43.13    |

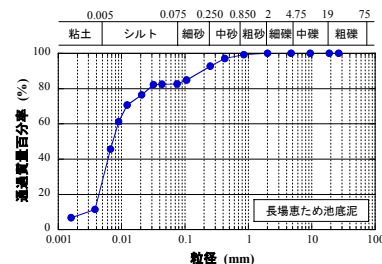


図-1 粒径加積曲線

吸水材を用いた。**表-2**に吸水材の外観とSEM画像( $\times 500$ )、**表-3**に諸特性を示す。竹フレークと竹チップの区別には、最大長さ5mm以下の綿状な繊維を全体の質量に対して50%以上含むか否かで判別を行った。吸水材のみによるコーン貫入抵抗値はコーン貫入試験により評価<sup>1)</sup>を行った。また、吸水材の吸水比<sup>2)</sup>は形状や綿状含有率によって異なり、今回用いたフレーク及びチップは約200%と430%となっている。また、土中内での吸水材の吸水比は約150%と200%となっている。ここでの土中内における吸水比とは、**写真-1**に示すネットに入れた吸水材をカオリン粘土中に静置し、24時間後に吸水材の含水比を測定し、吸水した水の量を求めたものであり、水中における吸水比と同様な方法にて吸水比を算出した結果である。

### 2-2. 実験方法

吸水材及び固化材による改良土の力学特性は、一軸圧縮試験(JIS A1216)を用いて評価を行い、**表-4**に示す配合条件で検討を行った。吸水材の吸水効果を活用し効果的に改良するため十分に吸水材が底泥の水を吸収した後に固化材を添加させるタイミングに着目した。改良土は、底泥を設定含水比に調整後、吸水材を添加・混合し、固化材を添加するまでの時間 $t$ を0時間及び3時間と変化させて<sup>3)</sup>供試体を作製した。また、吸水材添加率は運搬可能とされる $150 (\text{kN}/\text{m}^2)$ を満足する $B=30\%$ 及び $50\%^{1)}$ とし、固化材及び吸水材の添加率は、底泥の絶乾質量に対する外割り配合で行い、養生日数は気中養生28日間とした。供試体は、改良土を十分に混合・攪拌後に直径5cm、高さ10cmのモールド内を3層に分け各層ごと25回モールドを床に叩くようにエネルギーを与え気泡が残らないように作製した。

表-4 吸水材及び固化材の併用による一軸圧縮試験条件

| 土質試料     | 設定含水比 $w$ (%)            | 吸水材の種類  | 吸水材添加率 $B$ (%) | 吸水材含水比 $w_B$ (%) | 固化材添加率 $C$ (%) | 固化材混入時間 $t$ (hour) | 養生日数 $t_s$ (day) |
|----------|--------------------------|---------|----------------|------------------|----------------|--------------------|------------------|
| 長場恵ため池底泥 | 110 ( $w_L \times 1.5$ ) | 竹フレーク-A | 30             | 自然状態             | 10, 15, 20     | 0                  | 28               |
|          |                          | 竹チップ-A  | 50             |                  |                | 3                  |                  |

表-2 吸水材の外観

| 吸水材                  | 竹フレーク-A | 竹チップ-A |
|----------------------|---------|--------|
| 写真                   |         |        |
| SEM ( $\times 500$ ) |         |        |

表-3 吸水材の諸特性

| 吸水材                                       | 竹フレーク-A                    | 竹チップ-A     |
|-------------------------------------------|----------------------------|------------|
| 自然含水比 $w$ (%)                             | 21.8                       | 37.5       |
| 形状                                        | 最大長さ: 20mm<br>綿状含有率: 70%以上 | 最大長さ: 30mm |
| コーン貫入抵抗値 $q_c$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) | 114.7                      | 145.9      |
| 吸水比 $S_u$ (%)                             | 水中                         | 430.5      |
|                                           | 土中                         | 198.7      |



写真-1 土中内の吸水比試験方法

### 3. 実験結果及び考察 図-2 に示す一軸圧縮試験

結果に着目すると、吸水材を添加することで破壊形態は延性的になっている。また、吸水材の種類に着目すると、竹フレークは、固化材の混入までの時間を長くするとピーク強度を示している。これは、固化材と同時に混合で作製した供試体は、吸水材が底泥内の水分を十分に吸水しきれず、かつ竹フレークが綿状の繊維を含んでいるため圧縮応力を分散し、局所的な変形<sup>4)</sup>が生じ難いことに起因していると考えられる。

一方、竹チップは固化材の混入時間の変化に伴い明らかに圧縮強度が増加している。これは、

**表-3**に示す竹チップのみのコーン貫入抵抗値が高く、吸水効果が影響している。**図-3**に固化材添加率と一軸圧縮強さの関係を吸水材の種類ごとに示す。いずれの吸水材においても竹吸水材混合後、固化材の混入時間の増加に伴い強度は増加している。これは底泥中の水分を十分に吸水材が吸水しセメント固化に最適な水セメント比に近づいた結果と言える。また、この効果は竹フレークに比べ竹チップの方が顕著に見られる。これは、固化材を混合・攪拌した際に竹チップはSEM画像(**表-2**)に示すように、ポーラス構造であるため一旦保持している水が移動せず、セメントの水和反応に影響を及ぼさなかった事が一要因と考えられる。そこで固化材の混入時間の違いによる固化特性の変化を見掛け上の水セメント比から考察する。**図-4**に

見掛け上の水セメント比と一軸圧縮強さの関係を示す。ここで吸水材による吸水を考慮しない見掛け上の水セメント比とは、固化材と吸水材を同時に混合・攪拌した際には十分な吸水効果が発揮されないと考え、底泥中の水と添加する固化材の比として求めている。また、吸水材による吸水を考慮する見掛け上の水セメント比とは、**表-3**に示す土中における吸水材の吸水効果が十分に発揮され底泥中に残された水と添加する固化材の比としている。どちら吸水材においても固化材混入時間の変化に伴い水セメント比が低下し、同じ固化材添加率において強度が増加している事が分かる。また、その効果は竹チップの方が顕著である。これは、固化材を混合・攪拌する際に竹フレークが一旦吸水した水が攪拌の影響を受け、底泥中に水が移動し、見掛け上の水セメント比に影響を及ぼした可能性が考えられる。また、**表-3**に示す吸水材のみによるコーン貫入抵抗値から竹チップの方が竹フレークに比べ剛性が高いことも一軸圧縮強さに影響を及ぼしたと考えられる。

**4. まとめ** 吸水材の吸水効果を発揮させるために、固化材の混入時間を長くすることにより吸水効果が発揮され、水セメント比が低下し改良土の強度が増加することが明らかとなった。

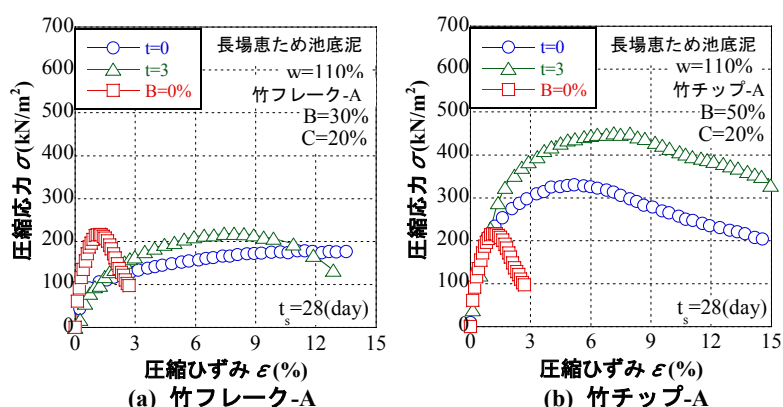


図-2 一軸圧縮試験結果

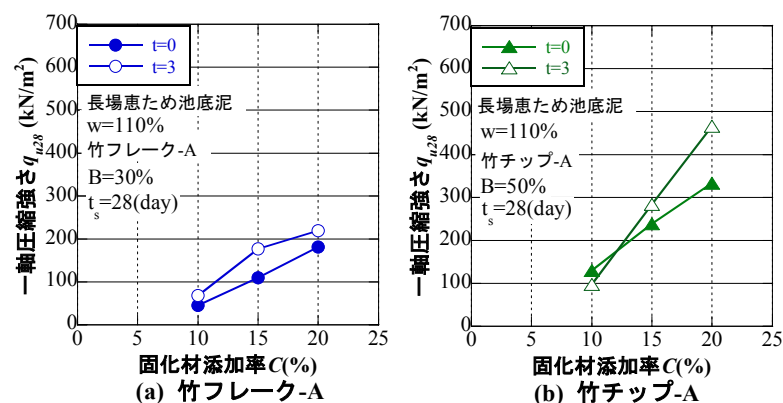


図-3 固化材添加率と一軸圧縮強さの関係

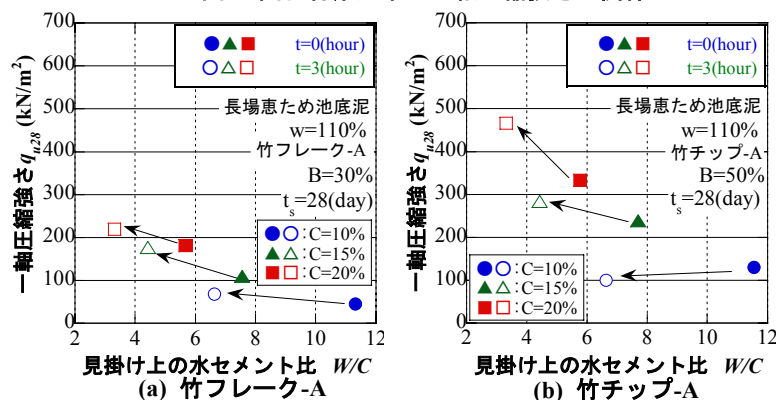


図-4 水セメント比と一軸圧縮強さの関係

【参考文献】1) 石橋ら：竹吸水材の種類と形状が高含水比粘性土の改良効果に与える影響，平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，論文掲載予定，2013. 2) 加藤ら：PS 灰添加による泥土の改良に関する研究，第 40 回地盤工学研究発表会，pp.677-678，2005. 3) 西田ら：吸水特性を持つ竹フレークを用いた高含水比底泥の地盤改良効果，第 46 回地盤工学研究発表会，pp.491-492，2011 4) 森ら：古紙破砕材と高分子系改良剤を用いた新しい高含水比泥土リサイクル工法の提案と繊維質固化処理土の強度特性，素材と資源，Vol.119，No.4-5，2003.