

水中養生日数の違いが高炉スラグ微粉末混合土の強度特性に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 ○坂本 龍太郎

福岡大学 正会員 村上 哲, 西 智美, 樋原 弘貴

ジャステクト株式会社 非会員 雨宮 拓馬

1. はじめに

平成 28 年熊本地震により熊本平野部では甚大な液状化被害が生じ、表層から 3~5m 以浅に液状化層を有する地盤において宅地液状化被害に影響を及ぼした¹⁾。宅地地盤の液状化対策工法は種々存在するが、昨今の液状化被害を受けて宅地住民から低コストの液状化対策の要望は大きいことから、製鉄過程で生成される副産物で安価な高炉スラグ微粉末(以下 BFSFP:Blast Furnace Slag Fine Powder と示す)²⁾を用いることで材料コストの低減が期待できる。そこで本研究では、宅地地盤の液状化対策工法の一つである固化処理土の表層地盤改良の固化材として、BFSFP を用い、養生日数の違いが BFSFP 混合土の強度特性に及ぼす影響を調査した。

2. BFSFP 混合土の一軸圧縮試験に供する供試体作製

本研究において実験材料に用いた固化材は BFSFP4K(BFSFP4000)、母材は豊浦砂であり、豊浦砂に質量比で BFSFP4K を 10% 混合し、十分攪拌させたものを混合土とする。なお、豊浦砂は試料分取器によって分取したものを、BFSFP4K は石膏無添加のものを用いた。

供試体作製方法は、まず混合土をモールドに三層詰めで各層所定の回数振動を加え、相対密度が 50% になるように空中落下法にて充填した。混合土の土粒子密度は $2.646(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、最大間隙比は 0.950、最小間隙比は 0.492 であり、これらの物性値から目標相対密度に必要な混合土の質量を求めた。使用するモールドは直径 50mm、高さ 100mm のプラスチックモールドで、モールド下部には約 1mm の浸透穴を開けたアクリル製の有孔板と濾紙を取り付け、供試体の下部から水溶液を浸透できるようにした。

次に供試体を養生容器に設置し、モールド内に空隙が残らないように、供試体が完全に浸漬するまでゆっくり養生液を流し込んだ。水中養生の際に用いた養生容器はプラスチック製のもので、養生容器下部に養生シートを敷設し養生液がモールド内部に浸透できるようにした。水中養生を適用した理由は混合土供試体を均一に固化させるためである。なお、養生液は BFSFP の潜在水硬性を引き出すために pH12 以上に調整した²⁾³⁾水酸化カルシウム水溶液($\text{Ca}(\text{OH})_2$)を用い、温度約 20°C の環境下で養生を行った。

3. BFSFP 混合土の固化状況及び強度特性

BFSFP 混合土の養生日数の違いによる固化状況と強度特性を確認するため、BFSFP 混合供試体の一軸圧縮試験を実施した。写真-1 は BFSFP 混合土の水中養生日数ごとの固化状況である。いずれの供試体も上部から下部にかけて均一に固化しており、養生日数の増加とともに青色が濃くなっていることが分かる。また、写真-1a)、b)から水中養生日数 7 日から 14 日にかけての変色が顕著に見られた。

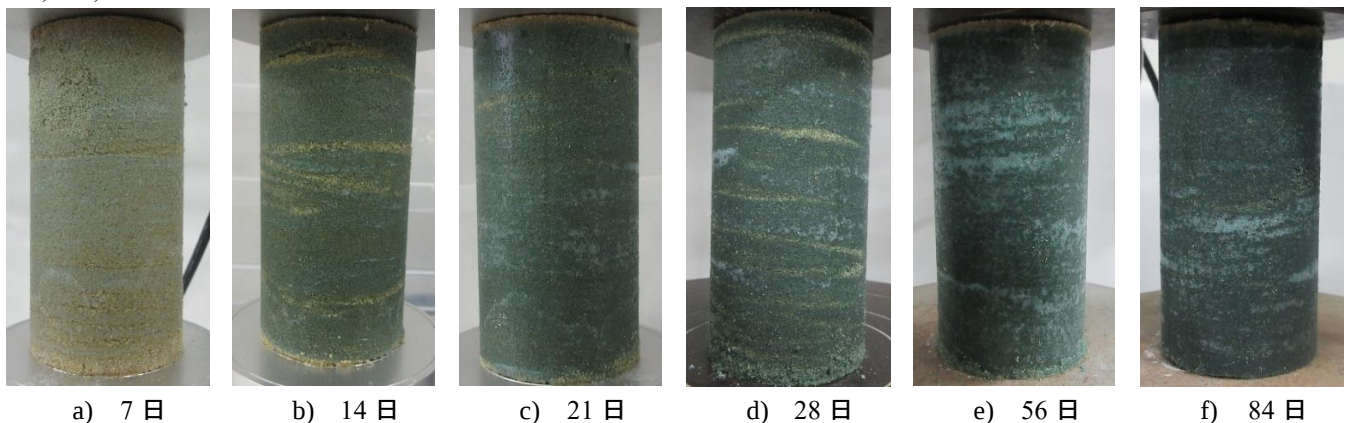


写真-1 水中養生日数 7 日～84 日の供試体の固化状況

図-1 に水中養生日数 7 日～84 日の BFSFP4K10%混合供試体の応力ひずみ曲線を示す。一軸圧縮試験は各養生日数で 3 本ずつ行っており、図-1 ではそれらの供試体の中で代表的だと思われるもの示している。7 日養生供試体の一軸圧縮強度は $122(\text{kN/m}^2)$ 、84 日養生供試体の一軸圧縮強度は $2137(\text{kN/m}^2)$ と養生日数 7 日～84 日で一軸圧縮強度は約 $2000(\text{kN/m}^2)$ 大きくなった。また、図-1 よりいずれの BFSFP 混合供試体は脆性的な破壊挙動を示している。図-2、3 は BFSFP4K10%混合供試体の水中養生日数 7 日～84 日と一軸圧縮強度、変形係数の関係を示している。なお、図-2、3 に示す一軸圧縮強度、変形係数は各養生日数の供試体において一軸圧縮試験を行った 3 本の平均値である。図-2、3 より、水中養生日数が増加するに従って供試体の一軸圧縮強度、剛性が増加していることが分かる。一軸圧縮強度、剛性ともに 14 日から 21 日、28 日から 56 日にかけての増加傾向が顕著に見られる。供試体の固化状況と比較すると供試体の青色が濃くなるに従って、より強固な供試体になっていることが考えられる。また、56 日から 84 日にかけての一軸圧縮強度、剛性ともに増加傾向が緩やかであることから、水中養生日数 56 日以降では一軸圧縮強度、剛性ともに安定していくことが予想される。

4. まとめ

豊浦砂に BFSFP4K を質量比で 10%混合させた供試体を 7 日～84 日水中養生させた。供試体に対して一軸圧縮試験を行い、水中養生日数の違いが BFSFP 混合土の強度特性に及ぼす影響について調査した。その結果、以下の知見が得られた。

(1)7 日～84 日水中養生させた混合供試体はすべて固化することが確認できた。また、養生日数が増加するに従って供試体の青色が濃くなっていることが分かった。

(2)BFSFP 混合供試体はいずれも脆性的な破壊挙動を示した。

(3)BFSFP 混合土は養生日数が増加するに従って一軸圧縮強度、剛性が増加することが分かった。また、水中養生日数 56 日以降では一軸圧縮強度、剛性ともに安定していくことが予想される。

【謝辞】本研究を進めるに当たり、日鉄高炉セメント株式会社より高炉スラグ微粉末を提供いただいた。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 坂本龍太郎, 村上哲, 平田涼太郎, 樋原弘貴, 三輪滋: 平成 28 年熊本地震で生じた土河原、城山薬師・半田地区の帯状液状化と地盤特性, 土木学会西部支部研究発表会, pp.291～292(2019.3)
- 2) 山田哲司, 西形達朗: 酸化マグネシウムと高炉スラグ微粉末からなる混合固化材を用いた混合土の強度特性, 地盤工学ジャーナル, Vol.10, No.1, 57-65(2015.1)
- 3) 坂田智美, 安福規之, 石蔵良平: 自然砂混合した高炉水砕スラグの硬化途中における強度特性の抑制効果, 第 53 回地盤工学研究発表会, pp.545～546(2018.7)

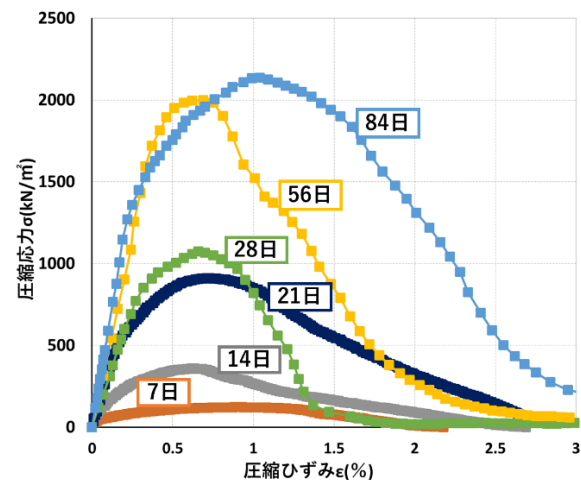


図-1 水中養生日数 7 日～84 日 BFSFP10% 混合供試体の応力ひずみ曲線

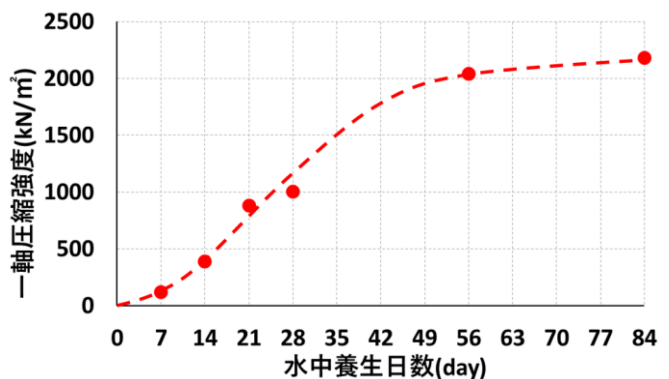


図-2 水中養生日数と一軸圧縮強度の関係

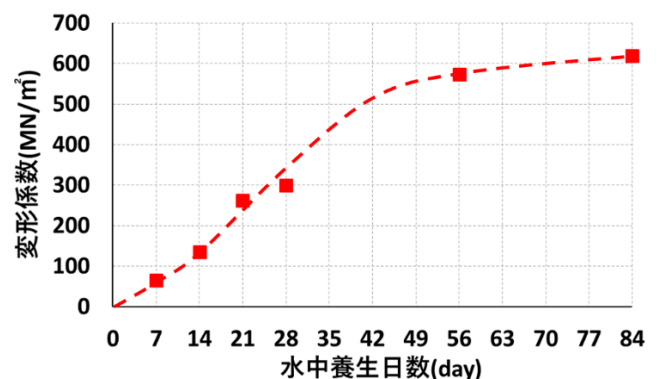


図-3 水中養生日数と変形係数の関係