

養生液の初期 pH の異なる高炉スラグ微粉末混合砂の強度・変形特性

福岡大学 学生会員 ○熊谷 寛太, 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 堂免 護

1. はじめに

平成 28 年熊本地震により、表層から 3~5m の液状化層が宅地液状化被害を及ぼした¹⁾。宅地地盤では、安価な液状化対策が必要であるため、鉄を作る際に生成される高炉水砕スラグを粒度調整した高炉スラグ微粉末 (BFSFP: Blast Furnace Slag Fine Powder) を地盤改良の固化材として用いることで、コストの削減が期待できる。既往の研究では、pH12 以上に調整した水酸化カルシウム水溶液をアルカリ刺激材とし、経時変化に伴う BFSFP 混合砂の一軸圧縮強度、変形特性について調査し、十分な強度・剛性を有する固化改良土となることを確かめている²⁾。実地盤において通用することを考えると、pH12 以上では周辺地盤への影響が懸念され、できるだけ地下水環境に近い pH の状況が好ましいと考える。そこで本研究では、pH の異なる 3 種類の養生液を用いて、養生液の初期 pH の違いが BFSFP 混合砂の強度、変形特性に及ぼす影響について調査した。

2. BFSFP 混合土の供試体作製・実験手順

本研究では、混合砂として母材に豊浦砂、固化材に BFSFP4000 グレーンを用い、豊浦砂に BFSFP を質量比で 10% 添加した試料を使用する。混合砂の物理特性(土粒子密度 2.673g/cm³、最大間隙比 0.950、最小間隙比 0.492)より、相対密度が 50% になるように混合砂の質量を決定した。高さ 10cm、直径 5cm のプラスチックモールドに混合砂を 3 層に分け、1 層ごとに振動を与え充填し供試体を作製した。この時、モールド下部に有孔板と濾紙を設置し、下部からの養生液の浸漬を促した²⁾。養生液は、pH7 の精製水、pH8.5、pH10 に調整した水酸化カルシウム水溶液の計 3 種類の pH の異なる養生液を用いた。養生シートを敷いた液固比 0.9 の養生容器に、それぞれの養生液で供試体を水中養生させた。供試体を 7~84 日間養生させ、所定の養生日数経過後に一軸圧縮試験を実施した。また、週に 1 度供試体養生液の上澄みの pH を測定し、養生中の pH の経時変化について調査した。

3. BFSFP 混合供試体の一軸圧縮試験結果

写真-1 の a)~f) に初期 pH7 で 7~84 日養生させた供試体の状況を示す。写真-1 より、経時変化に伴い濃い青への変色が見られ、供試体全体で一様に固化が進行していることがわかる。他の養生液で養生した供試体にも同様の傾向が見られた。図-1 に養生日数と養生液の pH の関係を示す。図-1 より養生液の pH は、7 日養生でいずれの養生液

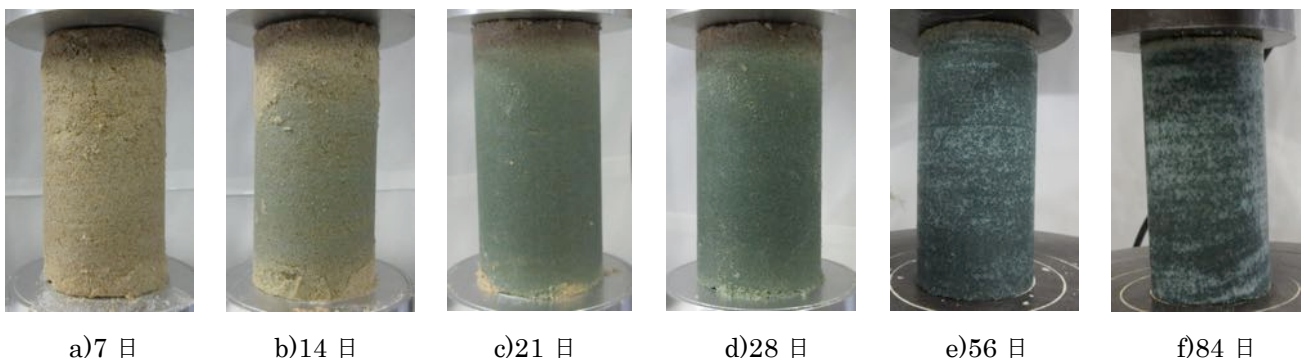


写真-1 初期 pH7 (精製水) 7~84 日養生供試体

も pH11.5 程度まで上昇し、その後約 pH12 付近で推移することが分かった。図-2 に一軸圧縮試験の結果から得られる養生日数と一軸圧縮強度、図-3 に養生日数と変形係数の関係を示す。図-2, 図-3 には、坂本らによる pH12 以上で養生した供試体の一軸圧縮試験の結果²⁾を併記している。図-2 より初期 pH10 の養生液では 28 日養生で、初期 pH8.5 の養生液では 56 日養生で、pH12 以上の一軸圧縮強度と同程度の強度を示した。図-3 より、pH7 のデータを除き、変形係数は 84 日養生まで pH が高いほど大きな値となった。一方で、pH7 の 84 日養生の一軸圧縮強度・変形係数は、どの養生液よりも大きな値を示した。これは、BFSFP の固化機構の 1 つである、水和物の生成量が強度発現に影響していることが考えられる。今後は初期 pH7 の長期養生の強度が大きくなった要因を明らかにするため、BFSFP の固化機構についての調査を行う。

4. まとめ

pH の異なる 4 種類の養生液で 7~84 日水中養生した BFSFP 混合供試体の一軸圧縮試験を実施し、初期 pH が BFSFP 混合砂の強度・変形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)pH7, pH8.5, pH10 の養生液で 7~84 日養生させた BFSFP 混合供試体は全て固化しており、経時変化に伴い、供試体は濃い青に変色することが分かった。
- (2)養生液の pH はどれも約 7 日で pH11.5 程度まで上昇し、その後は pH12 程度で安定することが分かった。
- (3)BFSFP 混合供試体の一軸圧縮強度は pH が高いほど、早い段階で pH12 以上の供試体と同程度の強度となることが分かった。また変形係数は pH が高いほど初期から長期まで大きい値となることが分かった。
- (4)初期 pH7 の 84 日養生の一軸圧縮強度・変形係数はどの養生液よりも大きな値を示した。

【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) 山口紗奈, 村上哲, 西智美, 樋原弘貴, 坂本龍太郎, 三輪滋: 平成 28 年熊本地震における液状化メッシュ Rank と液状化危険度の関係について, 土木学会西部支部研究発表会, pp.277-278, 2020.3.

2) 坂本龍太郎, 村上哲, 西智美, 樋原弘貴, 堂免護: 水酸化カルシウム水溶液で養生した高炉スラグ微粉末混合砂供試体の経時変化に伴う一軸圧縮強度・変形特性の変化, 第 14 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.301-304, 2020.12.

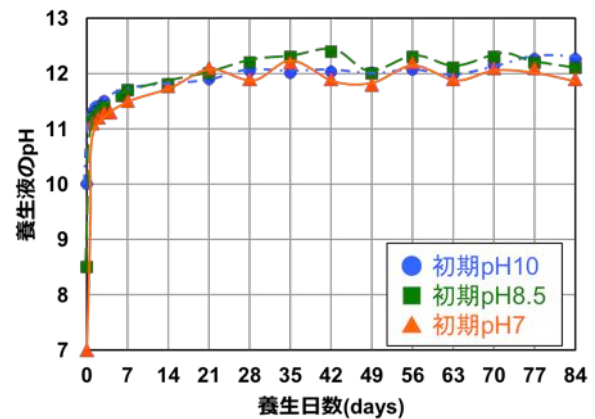


図-1 養生日数と養生液の pH の関係

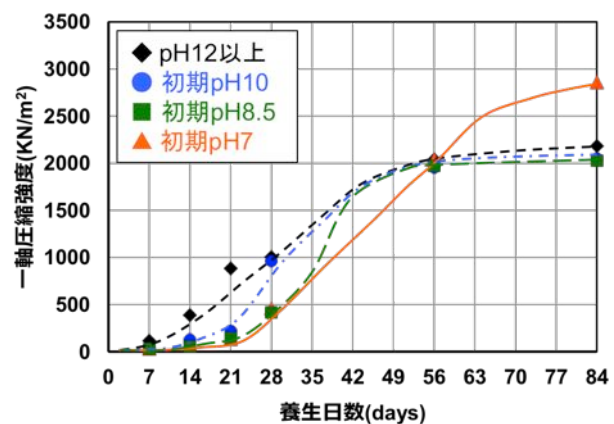


図-2 養生日数と一軸圧縮強度の関係

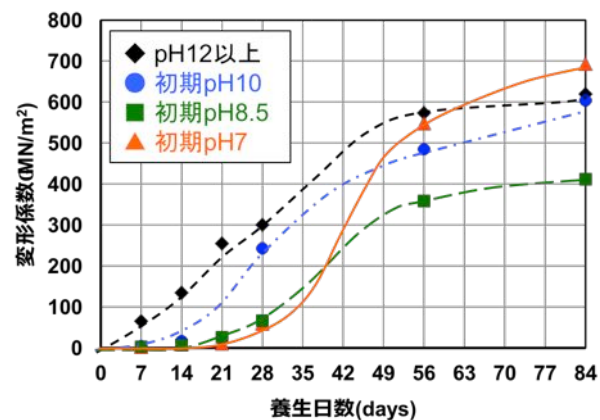


図-3 養生日数と変形係数の関係