

高炉スラグ微粉末混合砂を用いた水中養生供試体の一軸圧縮強度・変形特性

福岡大学大学院 学生会員 ○坂本 龍太郎
 福岡大学 正会員 西 智美
 福岡大学 正会員 村上 哲
 福岡大学 正会員 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^{1,2)}。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。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表層地盤改良の改良材として BFSFP(高炉スラグ微粉末)を用いた検討を実験的に行っている。製鉄過程で生成される副産物で安価な BFSFP を用いることで材料コストの低減が期待できる。最初の取り組みとして BFSFP 混合砂の材料特性を把握するために、BFSFP 混合砂供試体を水中養生させ、養生日数の増加に伴う BFSFP 混合砂供試体の一軸圧縮強度・変形特性の変化について調査した。

2. BFSFP 混合砂の供試体作製

本研究において実験材料に用いた改良材は BFSFP4K(BFSFP4000)、母材は豊浦砂である。また、本研究では添加量の違いによる一軸圧縮強度の違いを検討するため、豊浦砂に質量比で BFSFP4K を 5%、7%、10%混合した3種類の供試体を用意した。以下ではそれぞれの混合砂を用いて作製した供試体を BFSFP5%、7%、10%と示す。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。表-1 に BFSFP 混合砂の物理特性を示す供試体作製方法は、まず混合砂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。充填する混合砂の質量は表-1 の BFSFP5%、7%、10%混合砂の物性値から求めた。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。なお、養生液は BFSFP の潜在水硬性を引き出すために pH12 以上に調整した水酸化カルシウム水溶液 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)を用い、温度約 20℃の環境下で水中養生を行った³⁾。

表-1 BFSFP 混合砂の物理特性

BFSFP4K 添加量	ρ_s (g/cm^3)	$e_{\max}$	$e_{\min}$
5%	2.664	0.953	0.531
7%	2.668	0.947	0.520
10%	2.673	0.950	0.492

3. BFSFP 混合砂の一軸圧縮強度・変形特性

BFSFP 混合砂の養生日数及び BFSFP 混合率の違いによる強度特性を確認するため、BFSFP 混合砂供試体の一軸圧縮試験を実施した。

図-1, 2, 3 に水中養生日数 21 日～84 日の BFSFP5%、水中養生日数 7 日～84 日の BFSFP7%、10%混合砂供試体の応力ひずみ曲線を示す。ここで、一軸圧縮試験は各養生日数、添加量で 3 本ずつ行っており、図-1, 2, 3 ではそれらの供試体の中で代表的だと思われる結果を示している。なお、図-1 の BFSFP5%の混合砂供試体の応力ひずみ曲線に関しては、養生日数 56 日より供試体が自立したため、養生日数 56 日、84 日の供試体のみ試験を実施した。図-1, 2, 3 よりいずれの BFSFP 混合砂供試体も破壊ひずみは約 0.5～1.0(%)であり、脆性的な破壊挙動を示している⁴⁾。

図-4, 5 に BFSFP5%、7%、10%混合砂供試体の水中養生日数と一軸圧縮強度、変形係数の関係を示す。なお、図-4, 5 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-4, 5 より、BFSFP5%混合砂供試体は先にも述べた様に養生日数 56 日より一軸圧縮試験を実施したため、養生日数 56 日以降の BFSFP5%と BFSFP7%混合砂供試体を同じ養生日数で比較すると、一軸圧縮強度では最大で約 1500(kN/m^2)、変形係数では最大で約 350(MN/m^2)の差があることが分かる。一方で BFSFP7%、10%混合砂供試体を比較し

キーワード 高炉スラグ微粉末、改良土、一軸圧縮強度、水中養生

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19-1 TEL 092-871-6631

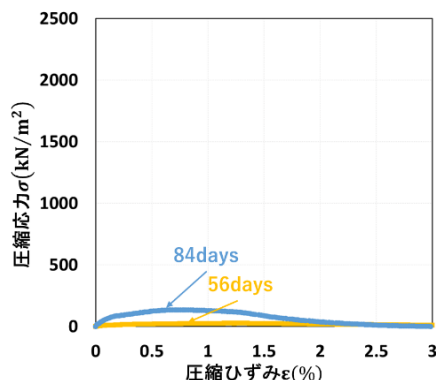


図-1 BFSFP5%混合砂供試体の
応力ひずみ曲線

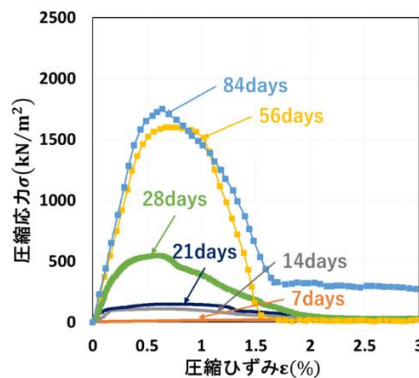


図-2 BFSFP7%混合砂供試体の
応力ひずみ曲線⁴⁾

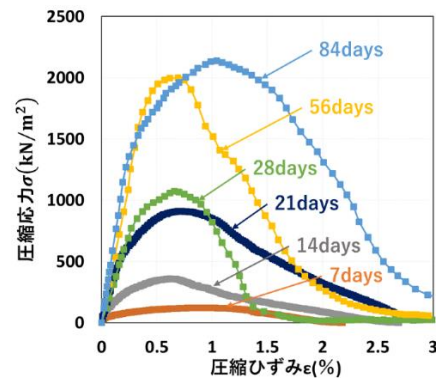


図-3 BFSFP10%混合砂供試体の
応力ひずみ曲線⁴⁾

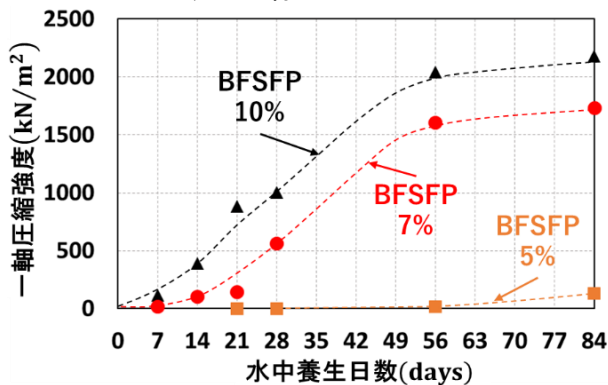


図-4 水中養生日数と一軸圧縮強度の関係⁴⁾

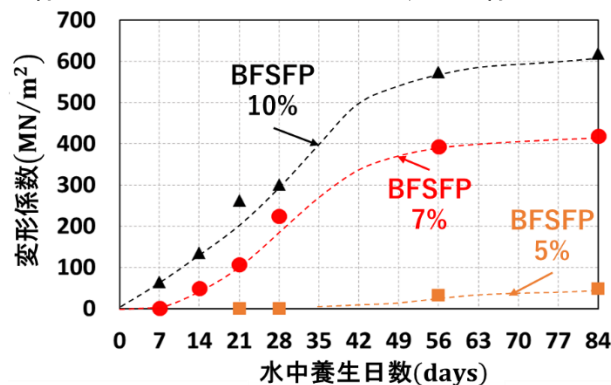


図-5 水中養生日数と変形係数の関係⁴⁾

た場合、一軸圧縮強度は最大で約 500(kN/m²)、変形係数は最大で約 200(MN/m²)の差があることが分かる⁴⁾。このことから、各養生日数における一軸圧縮強度、変形係数を比較すると、BFSFP 添加量が 5%, 7%, 10%と増加するに従い、一軸圧縮強度、変形係数が増加することが明らかとなり、BFSFP 添加量 5%, 7%では、7%, 10%と比べ一軸圧縮強度、変形係数の差が顕著であることが確認できる。また、BFSFP7%, 10%混合砂供試体はどちらも同様の増加傾向にあることが分かる。また、56 日から 84 日にかけて、BFSFP5%, 7%, 10%混合砂供試体の一軸圧縮強度、変形係数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

BFSFP4K を 5, 7, 10%混合させた供試体を 7 日～84 日水中養生させた。混合砂供試体に対して一軸圧縮試験を行い、水中養生日数の増加に伴う BFSFP 混合砂供試体の一軸圧縮強度・変形特性の変化について調査した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) BFSFP5%の 56 日, 84 日養生, BFSFP7%, 10%の 7 日～84 日養生の混合砂供試体はすべて試験が実施可能な強度が得られた。
- (2) BFSFP 混合砂供試体はいずれも脆性的な破壊挙動

を示し、BFSFP5%, 7%, 10%混合砂供試体の一軸圧縮強度、変形係数は養生日数が増加するに従って増加することが分かった。また、BFSFP7%, 10%混合砂供試体の一軸圧縮強度、変形係数は同様の増加傾向にある。

(3) BFSFP 混合砂供試体は水中養生日数 56 日以降では一軸圧縮強度、変形係数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。

【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きました。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) 村上哲, 平成 28 年熊本地震により生じた熊本市建物被害と液状化発生状況の関係, 土木学会西部支部研究発表会, pp.301～302(2020.3)
- 3) 坂本龍太郎, 村上哲, 西智美, 樋原弘貴, 雨宮拓馬: 水中養生日数の違いが高炉スラグ微粉末混合砂の強度特性に及ぼす影響, 土木学会西部支部研究発表会, pp.387～388(2020.3)
- 4) 坂本龍太郎, 西智美, 村上哲, 樋原弘貴, 雨宮拓馬: 水中養生日数の増加に伴う高炉スラグ微粉末混合砂供試体の一軸圧縮強度・変形特性の変化, 地盤工学研究発表会, 発表予定(2020.7)