

## 高炉スラグ微粉末の置換率が流動化処理土の性状に及ぼす影響

(株)フローリック 正会員○小池晶子, 正会員 西 祐宜, 非会員 鈴木良明  
戸田建設(株) 正会員 守屋健一, 正会員 田中 徹

## 1. はじめに

地球環境に対する配慮や、資源の有効利用の観点から環境負荷低減を目的とした副産物の活用が求められている。製鉄所からの副産物である高炉スラグは、年間約 2,000 万トン生産されており<sup>1)</sup>、中でも高炉水砕スラグを微粉碎して製造される高炉スラグ微粉末は、その強度増進性や化学抵抗性などの特徴からコンクリート用混和材に最も多く利用されている。地盤改良においてもその活用が検討<sup>4)例えば2)</sup>されているが、高炉スラグ微粉末を多量に使用した場合、強度発現が著しく遅れるなどの課題もある。

一方、流動化処理土は、建設発生土や泥土の再資源化を目的として、高い流動性と打設後の締固めを必要としない固化特性を持ち、埋戻し、裏込め、充填材として用いられている<sup>3)</sup>。流動化処理土を埋戻し材として適用する場合、再掘削を可能とするため、あまり高い強度を必要としない。

本研究の目的は、高炉スラグ微粉末を流動化処理土に積極的に利用し、環境配慮性を付与することが狙いである。今回、流動化処理土に与える高炉スラグ微粉末の影響を検討した。

## 2. 実験概要

表1に使用材料、表2に模擬泥状土の配合を示す。乾燥微粉末粘土と珪砂により細粒分含有率 85%になるように調整した。泥状土の湿潤密度は、予備検討により高炉セメント B 種を 50kg および 100kg 配合した際に、材齢 28 日の一軸圧縮強さが 500kN/m<sup>2</sup>程度となる配合値とした。表3に検討配合における普通ポルトランドセメント（以下、OPC）と高炉スラグ微粉末（以下、BFS）の配合割合を示す。試験は、モルタルミキサーで泥状土を作製後、固化材を添加して均一に練り混ぜ、直ちにフロー値(JHS A 313 シリンダー法)を測定し、ブリーディング率(JSCE-F 522 ポリエチレン袋方法)及び一軸圧縮強さ試験(JIS A 1216, φ50×100mm)用の供試体を採取した。

## 3. 実験結果

## (1) 流動化性状

図1に BFS=0, 50, 90%のときの流動化処理土のフロー値を示す。BFS 置換率の増大に伴い、フロー値も大きくなり、また固化材量の多い配合の方がその傾向は顕著となる。固化材中

表1 使用材料

粘土	乾燥微粉末粘土 (密度 2.65g/cm <sup>3</sup> , 細粒分 92.0%)
砂	珪砂 3, 5, 7 号 (岐阜県瑞浪市産) (混合密度 2.63g/cm <sup>3</sup> , 細粒分 0.8%)
OPC	普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積 3200cm <sup>2</sup> /g)
BFS	高炉スラグ微粉末 (石膏添加) (密度 2.89g/cm <sup>3</sup> , 比表面積 4310cm <sup>2</sup> /g)

表2 模擬泥状土配合

	泥水配合(kg/m <sup>3</sup> )			泥水密度 (g/cm <sup>3</sup> )
	粘土	砂	水	
固化材 50kg	1098	91	551	1.74
固化材 100kg	890	74	636	1.60

表3 OPC と BFS の配合割合 (kg/m<sup>3</sup>)

	固化材 50kg		固化材 100kg	
	OPC	BFS	OPC	BFS
BFS=0%	50	0	100	0
BFS=30%	35	15	70	30
BFS=50%	25	25	50	50
BFS=60%	-	-	40	60
BFS=70%	15	35	30	70
BFS=80%	-	-	20	80
BFS=90%	5	45	10	90

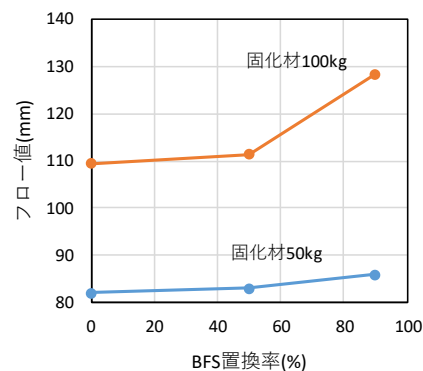


図1 BFS 置換率とフロー値の関係

キーワード 環境配慮, 高炉スラグ微粉末, 流動化処理土, 化学混和剤

連絡先 〒170-0013 東京都豊島区東池袋 1-10-1 (株)フローリック 営業本部 土質・地盤部 TEL 03-5960-6913

のBFS比率が高くなるほどOPCの初期水合が抑制され、流動性が增大する。ただし、流動化処理土の自己充填性を考慮すると、フロー値は300mm程度が必要であり、図1のフロー値では不足する。そこで、土粒子の分散機能を有する化学混和剤<sup>4)</sup>を用いて目標フロー値を得ることとした。混和剤の添加率は、高炉セメントB種(BFS=40~45%)を用いた際、フロー300mmとなる添加量(固化材50kgのときSD=4.5kg, 助剤=6.75kg, 固化材100kgのときSD=2.5kg, 助剤=3.75kg)に固定した。

図2に化学混和剤を使用した場合のBFS置換率とフローおよびブリーディング率の関係を示す。両配合とも図1の傾向と同様にBFS置換率の増加に伴いフロー値も増大する。特に固化材100kgにおいてはBFS=80, 90%で著しく増大した。BFSによる流動性付与効果に加え、化学混和剤による分散効果が顕著に発現した。ブリーディング率については、両配合とも差異は確認されなかったが、フロー600mmとなった固化材100kg配合BFS=90%のみ4.5%と多量に生じる結果となった。BFSが多量に配合されることで、流動化処理土の硬化が極端に遅れ、材料分離が生じたものと思われる。化学混和剤による分散効果の影響も考えられるので、化学混和剤の使用量を適正にすることが肝要と言える。

## (2) 硬化性状

図3にBFS置換率と一軸圧縮強さの関係を示す。固化材50kg配合において、材齢7日ではBFS置換率が高くなるに従い強度は低下するが、材齢28日においてはBFS=30%の系が最も強度が高くなる結果となった。固化材100kg配合においては、材齢7日の時点でBFS=70%のとき最大強度を示し、材齢28日においても同置換率での最大強度が確認された。OPCとBFSから供給されるCa<sup>2+</sup>と、粘土鉱物とのバランスが最適化し強度が増進しているものと思われる。長期材齢での傾向を確認するとともに、各置換率における固化材と粘土鉱物との生成物を観察することにより、本現象の解明につなげていきたい。

## 4. おわりに

本研究で得られた高炉スラグ微粉末を置換した流動化処理土の性状について以下に記す。

- ・ 高炉スラグ微粉末の置換率が高いほど流動性が向上する。
- ・ 一軸圧縮強さは、固化材の単位量ごとにある固有の置換率のとき最大値を得る現象を確認した。

以上の研究結果により、流動化処理土への高炉スラグ微粉末の適用の可能性を見出した。今後、耐久性状などの性状に及ぼす影響を把握することで実用化に向けて検討を重ねていきたい。

## 参考文献

- 1) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグ統計年報(2020年度版)，2021.07
- 2) 河野ほか：高炉スラグ高含有セメントを用いた地盤改良体の特性，第45回地盤工学研究発表会，pp.565-570，2010.08
- 3) 独立行政法人 土木研究所：流動化処理土利用技術マニュアル(平成19年/第2版)，2008.2
- 4) 小池ほか：化学混和剤を用いた流動化処理土の配合設計方法の実験的検討，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，III-96，2021.09

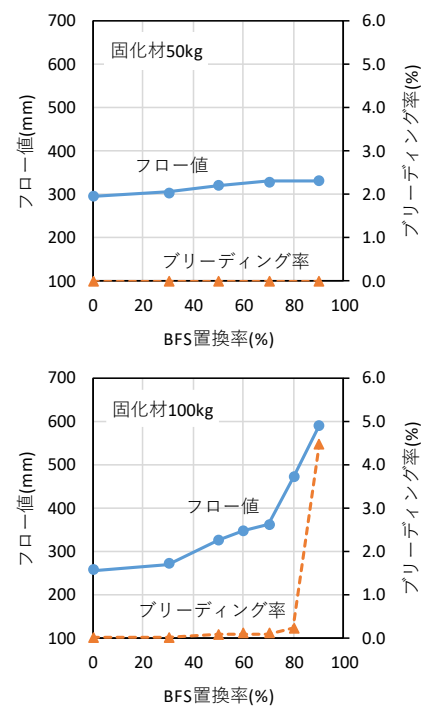


図2 フロー値およびブリーディング率

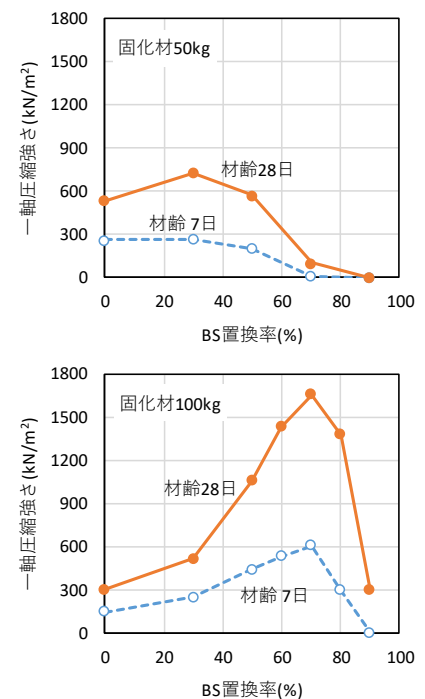


図3 一軸圧縮強さ