

高炉スラグ微粉末を高含有した固化材を配合したセメント改良土の基礎的研究

(株)フローリック
戸田建設(株)

正会員 ○小池晶子
正会員 守屋健一

正会員 西 祐宜
正会員 田中 徹

1. はじめに

地球環境に対する配慮から、資源の有効利用や、副産物の積極的な利用といった環境負荷低減技術は、近年の最重要課題である。これまでに筆者らは、固化材として普通ポルトランドセメントと製鉄所からの副産物である高炉スラグ微粉末とを組み合わせることで環境負荷低減型の固化材を検討してきた¹⁾。その結果、特定の配合比率によって強度増進が優位となることを見出し、高炉スラグ微粉末の有効利用および建設発生土の利用促進につながる研究を進捗してきた。

これまでの検討では、再掘削が可能である低強度範囲での検討であったが、提案する環境負荷低減型固化材の強度発現性に期待し、高強度が求められる補強土材への適用を試みたので本報にて報告する。また、補強土材は、高剛性であることも求められるため、短繊維を添加し、その効果を確認した。

2. 実験概要

今回提案する環境負荷低減型固化材は、高炉スラグ微粉末：普通ポルトランドセメント＝7：3（以下、BS70%）で構成し、セメント改良土 1m³ 中の固化材量を 50, 100, 200kg とし強度発現性を確認した。表 1 に使用材料、表 2 にセメント改良土配合を示す。配合名の“BB”は高炉セメント B 種を、“BS70%”は提案する環境負荷低減型固化材を示し、一後に固化材量を示している。また、短繊維（繊維長 10mm, 20mm）は配合 1m³ に対して 0.1vol.% 添加し、固化材 100kg の系に関しては 0.2vol.% についても試験した。

試験は、モルタルミキサーにて模擬土と固化材を均一に練り混ぜ、短繊維を添加した。練り混ぜ完了後、直ちにテーブルフロー値（JIS R 5201）を測定し、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) テーブルフロー値

高炉スラグ微粉末は、流動性改善の効果が期待され、本試験においても BB と比較して BS70% は 30mm 程度テーブルフロー値が大きくなった。そこで、BB 配合のみソイルセメント用分散剤を固化材量に対して 1% 添加し、短繊維無添加の系のフロー値を同等に調整した。図 1 に短繊維を 0.1 vol.% 添加したときのテーブルフロー値を示す。BB、BS70% とも短繊維の有無、繊維長にかかわらず固化

表 1 使用材料

模擬土	乾燥微粉末粘土および珪砂の混合（湿潤密度 1.70g/cm ³ 、細粒分 80%、含水比 51%）
BB	高炉セメント B 種 （密度 3.04g/cm ³ 、比表面積 3950cm ² /g）
NC	普通ポルトランドセメント （密度 3.16g/cm ³ 、比表面積 3220cm ² /g）
BS	高炉スラグ微粉末（石膏添加） （密度 2.89g/cm ³ 、比表面積 4310cm ² /g）
短繊維	ポリプロピレン短繊維（密度 0.91g/cm ³ ） （繊維長 10mm, 20mm）

表 2 セメント改良土配合（kg/m³）

配合	BB	模擬土	配合	NC	BS	模擬土
BB-50kg	50	1672	BS70%-50kg	15	35	1671
BB-100kg	100	1644	BS70%-100kg	30	70	1643
BB-200kg	200	1588	BS70%-200kg	60	140	1585

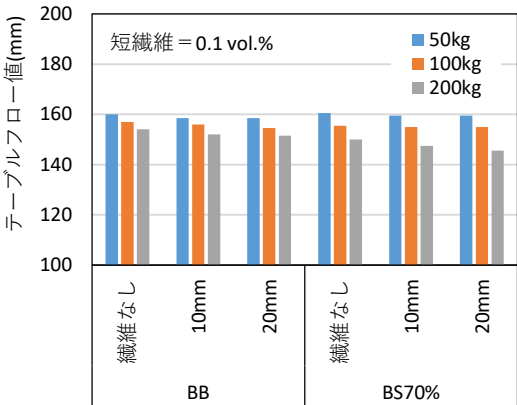


図 1 テーブルフロー値

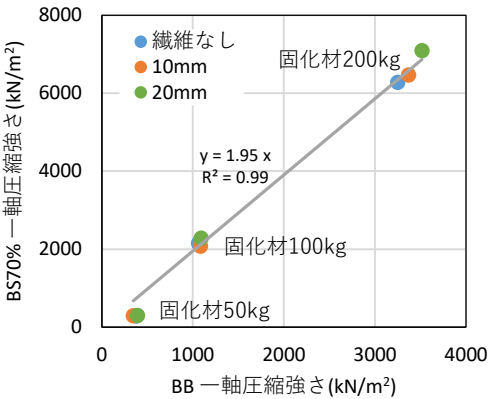


図 2 一軸圧縮強さ（材齢 28 日）

キーワード 環境配慮, 高炉スラグ微粉末, 短繊維

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 33-1 (株)フローリック コンクリート研究所 TEL 029-877-1945

材量が多いほどフロー値は小さいが、その差は15mm以内であり、短繊維の影響はほとんどないと考えられる。また、短繊維を0.2 vol.%添加した場合であってもフロー値への影響は小さい。

(2) 一軸圧縮試験

・ 高炉スラグ微粉末の影響

図2に各固化材量における一軸圧縮強さ(材齢28日)を示す。短繊維の有無にかかわらず、固化材50kgのときはBBの方がBS70%よりも若干高い値となったが、固化材100kg, 200kgはBS70%の方が約2倍高い強度を示した。固化材50kgにおいては、セメント改良土中のアルカリ量が足りず、強度発現が遅延していると考えられる。図3に短繊維無添加時の一軸圧縮強さと変形係数の関係を示す。BS70%の変形係数はBBよりも高く、比表面積の大きい高炉スラグ微粉末が多量に配合されることで土粒子との接着力および粘着力が増加し、強度が増進すると考えられる。

・ 短繊維の影響

図4に固化材100kg、短繊維0.1 vol.%添加における応力-ひずみ曲線を示す。BB, BS70%とも、短繊維を添加した場合、最大圧縮応力を超えた後も徐々に強度が低下しており、短繊維を添加することで残留強さが得られることを確認した。また繊維長の違いを見ると、若干20mmの方が延性的な破壊傾向を示した。これは、繊維長が長くなることにより、土と繊維との付着が増しているものと思われる。一方、BBとBS70%の違いを見ると、BBの方が延性的な破壊傾向を示している。しかしながらセメント改良土は強度の増加に伴って脆性的な性質を示すため、同程度の一軸圧縮強さで比較した際は、変形係数が大きいBS70%に優位な差が現れるものとする。以上の傾向は、固化材50kg, 200kgの場合にも確認することができた。

図5に固化材100kg、繊維長10mmを0.1, 0.2 vol.%添加したときの応力-ひずみ曲線を示す。BB, BS70%とも0.1 vol.%添加した場合よりも粘り強さが確認されず、BBにおいては、短繊維なしと同様の傾向を示した。これは、繊維量が多くなることで短繊維同士が重なり合い、土との付着が減少したためと考える。

4. おわりに

本研究で得られた知見を以下に記す。

- ・ 高炉スラグ微粉末を70%配合した環境負荷低減型固化材は、高炉セメントB種を使用した場合よりもセメント改良土の流動性が高く、約2倍の強度発現効果が得られ、また変形性能も向上することを確認した。
- ・ 短繊維を添加することで、セメント改良土の残留強さを向上することができる。

以上の結果を踏まえ、今後、補強土材としての要求性能である曲げ強度や降雨や流水に対する耐浸食性などを検証し、環境負荷低減型固化材の実用化に向けて検討を重ねていきたい。

参考文献 1) 小池ほか：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，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，III-312，2022.09

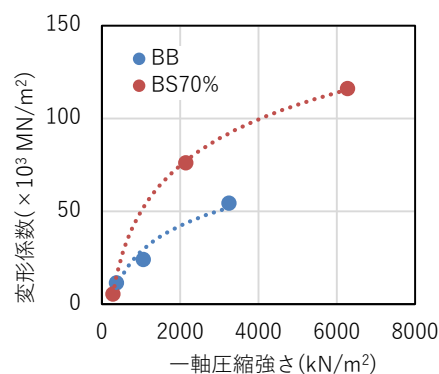


図3 一軸圧縮強さと変形係数の関係

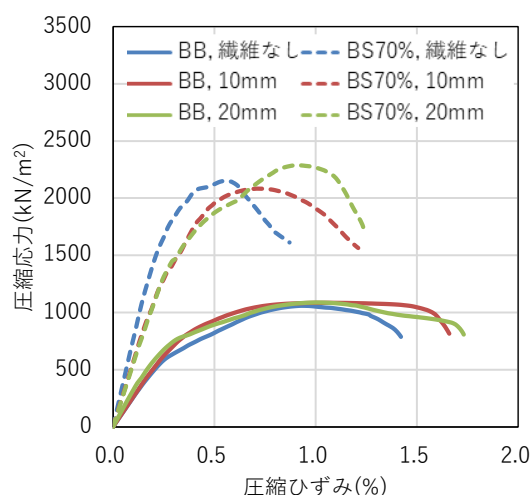


図4 応力-ひずみ曲線：短繊維長

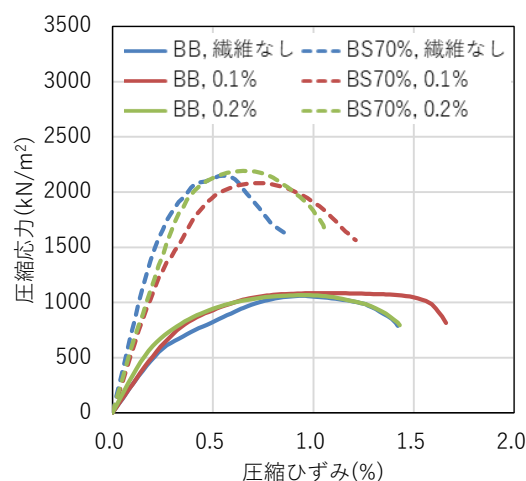


図5 応力-ひずみ曲線：短繊維量