

高炉スラグ微粉末を使用した地盤改良材に関する基礎的研究

戸田建設(株) ○鹿又善憲 下坂賢二
守屋健一 大橋英紀

1. はじめに

近年、地球温暖化対策に向け、各社で環境配慮に向けた取り組みが推進されている。建設材料として用いられるコンクリートは、セメントの製造過程でCO₂を多量に排出するため、その代替として高炉スラグ微粉末やフライアッシュといった産業副産物で置換した混合セメントの活用が注目されている。特に高炉スラグ微粉末はCO₂排出量が少なく、潜在水硬性を有することから、ポルトランドセメントの質量割合を30～10%まで低減した低炭素型コンクリート¹⁾も開発されている。その一方で、地盤改良分野では一般的にセメントを由来とした固化材を使用しているものの、上述したような固化材を適用した事例が少ないのが現状である。

本報では、質量の70%を高炉スラグ微粉末で置換したセメントと試料土を用いて実施した室内試験結果について報告する。

2. 試験方法

表1、図1に試料土の構成および粒度分布を示す。試料土には珪砂7号および乾燥微粉末粘土を用い、砂質土（細粒分含有率 $F_c=10\%$ 、含水比 $w=20\%$ ）、粘性土（ $F_c=80\%$ 、 $w=48\%$ ）となるよう調整した。表2に試験に用いる固化材とその配合ケースを示す。固化材には、市販の高炉セメントB種、軟弱土対応の汎用固化材、高炉スラグ微粉末と普通ポルトランドセメントを7：3の配合で混合したセメント（以下、低炭素セメント）の3種類を用い、固化材添加量200kg/m³、水セメント比80、100、120%となるようスラリー溶液およびソイルセメント（スラリー溶液と試料土との混合物）を作製した（図2）。試験項目として、表3に示すスラリー溶液およびソイルセメントのフレッシュ性状（Pロート流下時間、フロー値、ブリーディング率）、ソイルセメント供試体の強度特性（一軸圧縮強度）に関して試験を実施した。

3. 試験結果

(1) フレッシュ性状

図3にW/C=100%におけるPロート試験結果を示す。今回、1時間までの経時でスラリー溶液の流下時間を測定したが、いずれの固化材においても、時間経過に伴う急激な流動性の低下は確認されず、低炭素セメントは高炉セメントB種、汎用固化材と遜色のない流動性を示した。これは、セメント中の高炉スラグ微粉末が占める割合が多いために、普通ポルトランドセメントの初期水硬性が抑制され、流動性が増大するため²⁾であると考えられる。

表 1 試料土構成

試料土種類	仕様
砂質土	珪砂7号90.7%、乾燥微粉末粘土9.3% 含水比 $w=20\%$
粘性土	珪砂7号13.3%、乾燥微粉末粘土86.7% 含水比 $w=48\%$

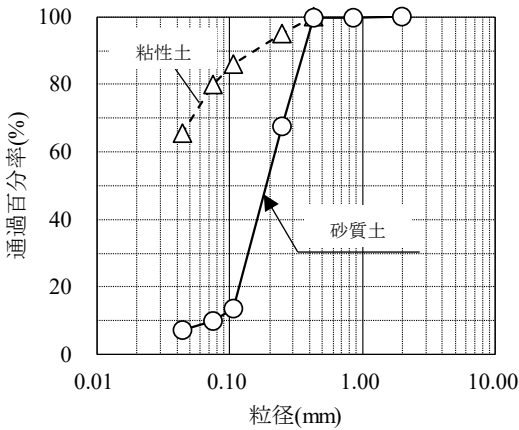


図 1 試料土の粒度分布

表 2 配合ケース

固化材種類	固化材添加量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)
高炉セメントB種	200	80, 100, 120
汎用固化材		
低炭素セメント (高炉スラグ70%、普通セメント30%)		



図 2 試料の練混ぜ状況

キーワード 低炭素 地盤改良 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1 戸田建設(株) 技術開発統轄部 技術研究所 TEL 03-3535-2641

図 4 に W/C=100%におけるテーブルフロー試験結果を示す。テーブルフローについても P ロート同様、1 時間までの経時でフロー値を測定したが、試料土の違いによらず、低炭素セメントのフロー値は高炉セメント B 種、汎用固化材と大きく違わなかった。これは、高炉スラグ微粉末により普通ポルトランドセメントの初期水和性が抑制されるためであると考えられる。よって、低炭素セメントとその他セメントで、試料土との混合攪拌性に大きな違いはないと考えられる。

図 5 に W/C=100%におけるブリーディング試験結果を示す。試験結果は練り混ぜ後 24 時間の測定値である。本試験では試料土の違いによらず、いずれの固化材も同等のブリーディング率を示し、特に粘性土ではブリーディングがほとんど生じなかった。既往の研究³⁾によると、細粒分含有率が 30%以上の場合、ブリーディング率は小さくなる傾向にあり、本試験に用いた粘性土の細粒分含有率が 80%であったため、同様の傾向を示した。

(2) 強度特性

図 6 に W/C=100%における一軸圧縮試験結果を示す。今回、材齢 1 日、3 日、7 日、28 日時点での供試体の一軸圧縮強度を確認した。28 日強度では、試料土の違いによらず、低炭素セメントを用いた供試体で一軸圧縮強度が大きくなり、低炭素セメントと高炉セメント B 種の 28 日強度を比較した結果、砂質土で約 1.7 倍、粘性土で約 2.0 倍であった。これより、低炭素セメントには高炉セメント B 種、汎用固化材と比べて高い強度増進性があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、低炭素セメントを含めた 3 種類の固化材について、試料土による室内配合試験を実施した。その結果、フレッシュ性状については、全ての固化材に大きな違いは確認されず、強度特性については、低炭素セメントに高い強度増進性があることを試料土レベルで確認することが出来た。

今後は、自然土について室内配合試験を実施し、試料土で得られた結果との違いを確認する。

参考文献

1) 新谷ら：高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの現場適用，コンクリート工学，pp.240-245，2018。
2) 小池ら：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。
3) 三井ら：細粒分含有率が異なる改良土の室内配合試験による基礎的研究，土木学会論文集，No.693/VI-53，pp.117-129，2001。

表 3 試験項目

分類	試験項目	規格
フレッシュ性状	P ロート試験	JSCE F 541
	テーブルフロー試験	JIS R 5201
	ブリーディング率試験	JIS R 5201
強度特性	一軸圧縮試験	JIS A 1216

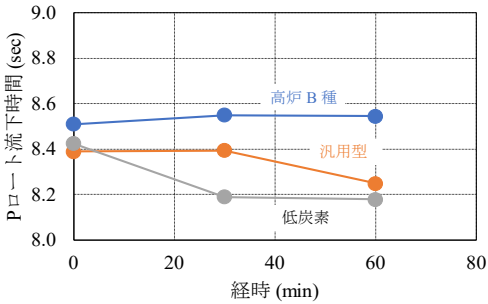


図 3 P ロート試験結果 (W/C=100%)

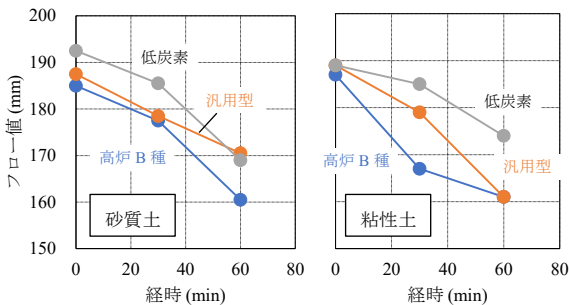


図 4 テーブルフロー試験結果
(C=200kg/m³, W/C=100%)

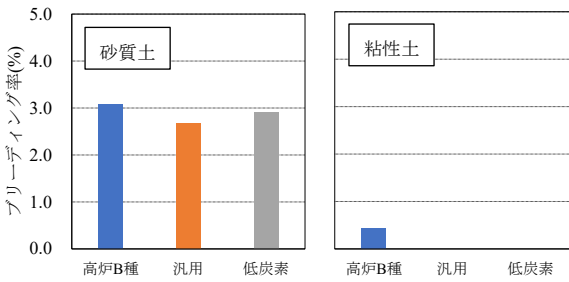


図 5 ブリーディング試験結果
(C=200kg/m³, W/C=100%)

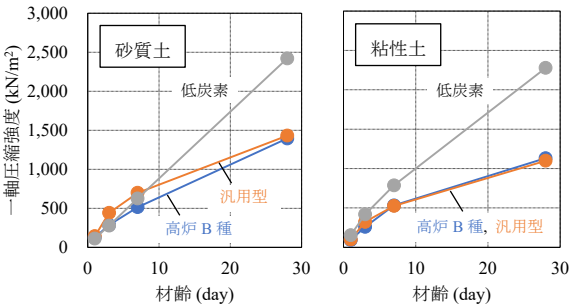


図 6 一軸圧縮試験結果
(C=200kg/m³, W/C=100%)