

電気炉還元スラグのジオポリマーへの適用可能性に関する基礎研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○小田瑞月, 正会員 合田寛基, 株式会社技建 非会員 津波古充仁
琉球大学 正会員 富山潤, 非会員 中川鉄水, 西松建設株式会社 正会員 原田耕司

1. はじめに

フライアッシュ(FA)や高炉スラグ微粉末(BFS)といった産業副産物を活性フィラーとするジオポリマー(GP)は、低炭素化に貢献可能な建材として注目されている。しかしながら、BFS が産出されない沖縄県では、BFS の輸送コストおよび輸送時の CO₂ 排出量が増大し、GP の適用が困難となる。さらに、BFS については、高炉鉄の減産傾向により調達が困難になる懸念を有する。そのため、今後沖縄県で SDGs や低炭素化を実践する上では、BFS に代わる活性フィラーの模索を行うことが課題解決への一方策と考えられる。そこで本研究では、BFS の代替品として、沖縄県内で調達可能な電気炉スラグに注目した。本研究では、BFS と化学組成が類似している還元スラグ(RED)を対象に、活性度および GP に適用した際の材料特性について知見を得ることを目的とした。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。アルカリ溶液はナトリウム系の珪酸ソーダでアルカリ水比が 0.11 の汎用品を、BFS は比表面積が 4000cm²/g で石こう無しのもを使用した。

表-2 に各スラグの成分表を、図-1 に粒度分布を示す。RED は、供試体作製時の材料調達の都合上、モルタルとコンクリートで採取時期の異なるものを使用した。

RED をリートベルト分析したところ、ガラス化率は 0%であった。これは、RED が産出時に徐冷されるためであると考えられる。そこで、現時点では活性フィラーとして BFS と全置換する方法を回避し、本研究では FA と BFS の一部を RED で置換した配合で検討を行った。表-3 に配合を示す。各活性フィラーは質量割合で条件を設定し、RED を使用しない場合は FA:BFS=7:3(表-3 中-a)とした。FA の一部を RED で置換する場合は、FA:RED:BFS=4:3:3(表-3 中-b), BFS の一部を RED で置換する場合は FA:RED:BFS=7:1.5:1.5(表-3 中-c)となるように配合した。供試体の養生方法は加温養生とし、最高温度 60℃とした。最高温度保持時間はモルタルで 6 時間、

表-1 使用材料

使用材料	記号	密度 (g/cm ³)	備考
アルカリ溶液	AS	1.40	A/W=0.11
フライアッシュ	FA	2.26	FAII 種
高炉スラグ微粉末	BFS	2.91	石こうなし
電気炉還元スラグ	Red	3.30	-
細骨材	S	2.54	海砂
粗骨材	G	2.70	碎石

表-2 各スラグの成分表

	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO
BFS	0.2	34.8	14.3	43.7	5.6	0.3
RED	6.4	21.9	8.6	39.5	9.7	-

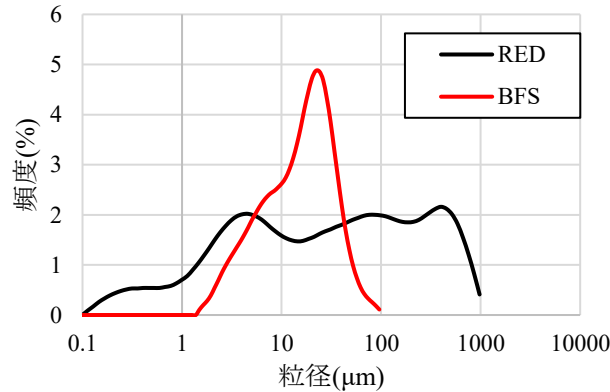


図-1 粒度分布

表-3 配合表

名称	AS	FA	BFS	RED
モルタル-a	334	433	185	-
モルタル-b	343	254	190	190
モルタル-c	335	434	93	93
コンクリート-a	232	469	83	-
コンクリート-c	239	473	42	42

キーワード ジオポリマー, 電気炉還元スラグ, モルタルフロー, 圧縮強度

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL : 093-884-3122

コンクリートで12時間とした。試験項目は、モルタルフロー試験、圧縮強度試験とした。

3. 実験結果および考察

図-3にモルタルフロー試験の結果を示す。モルタル-bの方がaより大きくなっていることから、REDはFAよりも転がり抵抗が小さいと推察する。モルタル-cは、転がり抵抗の大きいBFSの減少に加え、転がり抵抗の小さいと予想されるREDがさらに増加したため、フローも相応に増加したと考えられる。なお、REDの形状に関する評価は未実施のため、更なる分析を要する。

図-4にモルタルで行った圧縮強度試験結果を示す。REDでBFSの半分を置換した場合、強度が5割程度低下した。一方、REDでFAの一部を置換した場合、概ね同程度の強度を示した。

FAの一部をREDで置換したモルタル-bについては、モルタル-aよりもフローはかなり大きい一方、概ね同等の強度を発現している。このことから、施工性を担保するために、溶液粉体比を下げフローを小さくすることで、施工性を担保しながら、より強度発現できるGPの作製が可能であると考えられる。

図-5にコンクリートで行った圧縮強度試験結果を示す。コンクリートによる試験では、BFSの半分をREDで置換しても、BFSと概ね同程度の強度を発現した。

本検討では、BFS単独使用時とBFSとRED併用時で、環境条件による施工性を含めた条件設定が異なるため、BFS単独使用時の配合が、わずかに溶液粉体比が大きく、強度発現に対して溶液粉体比も若干影響したと考えられる。しかしながら、溶液粉体比の影響を勘案しても、REDの併用はBFS単独使用時に近い強度発現性がみられ、一般的に要求される強度(30MPa程度)を満たしていることがわかる。

REDを使用したGPは、REDのガラス化率の低さにより強度発現が低いと予測されたが、今回の検討結果では一定の強度発現がみられた。現時点では、REDは活性フィラーの一部と置換することによるGPへの適用が期待できる。今後、実験条件を勘案しながら、REDの材料特性について検討を進める方針である。

4. まとめ

以下に、本検討で得られた知見を示す。

- (1) 還元スラグで活性フィラーの一部を置換すると、モルタルフローは大きくなる。
- (2) 還元スラグはフライアッシュよりも転がり抵抗が小さい。
- (3) 高炉スラグ微粉末の半量を還元スラグに置換したジオポリマーコンクリートは高炉スラグ微粉末単独使用の場合と概ね同等の強度を有する場合がある。

謝辞 本研究の遂行にあたり、拓南製鐵株式会社にご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

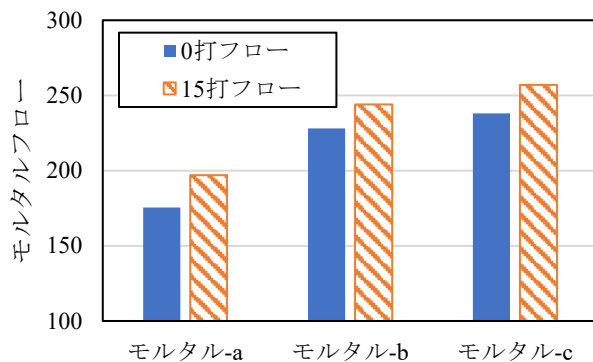


図-3 モルタルフロー試験結果

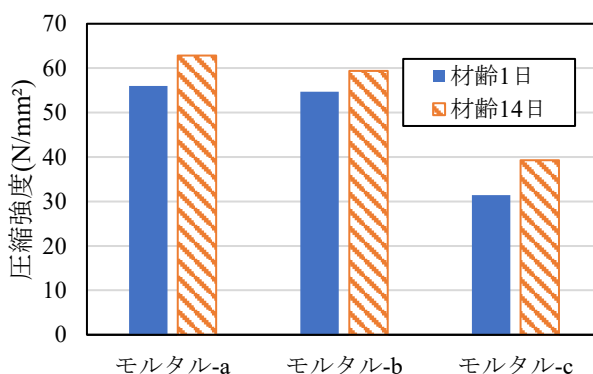


図-4 圧縮強度試験結果(モルタル)

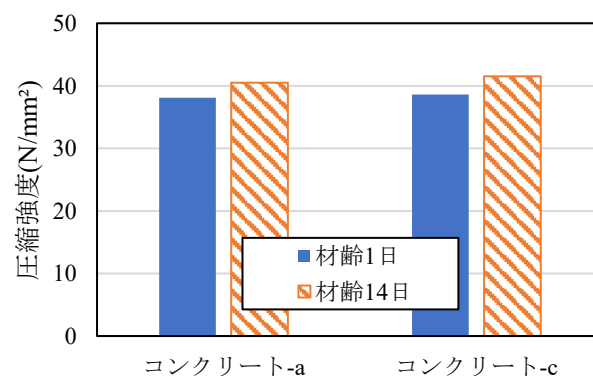


図-5 圧縮強度試験結果(コンクリート)