

炭素骨材を用いたジオポリマーのフロー・強度特性について

カーボンニュートラル
球状活性炭

ジオポリマー
圧縮強度

炭素骨材
フロー

正会員 ○ 木村 仁治*1 同 原田 耕司*1
同 高巢 幸二*2 同 リュウ セイロン*2
同 ホンマハサイハラミ*1

1. はじめに

ネガティブエミッション技術として、農林業の廃棄物や廃材、食品廃棄物等の有機物を大量に炭化して埋設することが世界的に考えられている。我が国でも、Jクレジット制度において、自然由来の炭を二酸化炭素と同じ扱いにして、農地に混ぜて使用する方法論が承認されている。今後、農地と同じように自然由来の炭を材料として使用したコンクリートがJクレジット制度に承認されることが予想される。

これまでは、コンクリート中の炭素は混和剤を吸着するため、できるだけ入らないような工夫をしてきた。しかし、混和剤を吸着する炭素は、フライアッシュ等から発生する未燃炭素であり、炭素自体に混和剤は吸着しないものと考えられる。

一方、温室効果ガス排出削減に向けた取り組みとして、近年、ジオポリマーが注目されている。ジオポリマーに自然由来の炭素を骨材（以下、炭素骨材と記す）として用いることで、地球温暖化の防止、持続可能社会の実現に寄与できると考えられる。

そこで、本研究では、自然由来の炭素骨材を使用したCNコンクリートの開発を最終目標として、本稿では、まず入手が容易な自然由来でない炭素骨材を用いて検討を行った。

2. 使用材料

使用材料は、表1に示すものを使用した。アルカリシリカ溶液としては市販のジオポリマー溶液を、フライアッシュはブレン値4,000クラスのII種灰を用いた。また高炉スラグ微粉末に関しては、ブレン値4,000クラスの石膏無しのものを使用した。炭素骨材は、石油ピッチを原料とした球状活性炭CAとその製造過程の前駆体であるCF、CKの3製品を使用した。球状活性炭CAの拡大画像

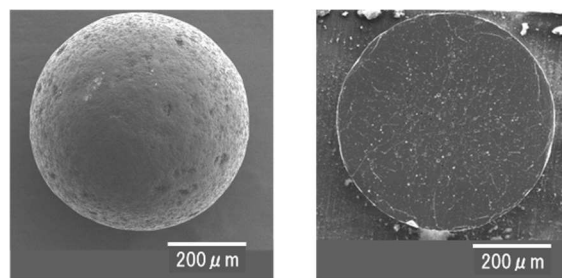
を写真1に示す。球状活性炭は、断面画像からもわかるように球体内部も密実な構造となっている。使用した炭素骨材の特性を表2に示す。

3. 調査

使用したジオポリマーモルタルの調査を表3に示す。今回は、3種類の炭素骨材を使用した。いずれも標準砂

表1 使用材料

記号	使用材料	主な物性
W	蒸留水	
GPW	ジオポリマー溶液	密度1.4g/cm ³ 、Si:Na = 69:31(重量比)
GGBS	高炉スラグ微粉末	密度2.91g/cm ³ 、比表面積4070cm ² /g
FA	フライアッシュ2種	密度2.91g/cm ³ 、比表面積4070cm ² /g
S	標準砂	絶乾密度2.64g/cm ³



表面 断面
写真1 CA (球状活性炭) 拡大画像

表2 炭素骨材の特性

材料名称		CF (前駆体)	CK (前駆体)	CA (球状活性炭)
項目	単位			
加熱熟処理温度	°C	300以上	600以上	900以上
炭素濃度	wt%	92以上	93以上	98以上
灰分	ppm	500未満		
メチレンブルー吸着特性*1	mg/g	0.32	0.14	300
粒径範囲	μm	300~800		
圧潰強度	N	約2.94	約8.83	約11.8

*1:セメント協会法による

表3 ジオポリマーモルタルの調査

	溶液 活性フィラー比 (%)	活性フィラーに 占めるGGBSの割合 (%)	細骨材に占める CSの割合 (%)	水および溶液		活性フィラー		細骨材			
				(kg/m ³)		(kg/m ³)		標準砂 (kg/m ³)	炭素骨材(CS) (kg/m ³)		
	(W+GPW)/(FA+GGBS)	GGBS/(FA+GGBS)	CS/(S+CS)	W	GPW	FA	GGBS	S	CF	CK	CA
GP-CN	48.0%	15.0%	0.0%	134	254	687	121	846	0	0	0
GP-CF	48.0%	15.0%	5.0%	134	254	687	121	802	42	0	0
GP-CK	48.0%	15.0%	5.0%	134	254	687	121	802	0	42	0
GP-CA	48.0%	15.0%	5.0%	134	254	687	121	802	0	0	42

Experimental Study on Flow and Strength Properties of Geopolymer
using Carbonaceous Sand

KIMURA Yoshiharu, TAKASU Koji,
HARADA Koji, LIU Shilun,
and PHOMMAHAXAY Palamy

の質量に対して 5%置換して、その特性を検討した。また、活性フィラーについては、フライアッシュと高炉スラグ微粉末を質量比 85:15 の割合で混合して使用した。

4. 練り混ぜ及び供試体の製作

練混ぜはモルタルミキサーを用いて行った。最初に活性フィラーと細骨材を低速で 60 秒空練りし、その後、水とジオポリマー溶液を投入し、低速で 60 秒練混ぜた。最後に搔落としを行い、高速で 60 秒練混ぜ、排出した。供試体型枠への打込み後、80℃の高温環境下 6 時間養生した後、脱型し恒温恒湿室で 20℃60%RH の常温環境下で所定の材齢まで養生を行った。供試体について、写真 2 に示す。CF を使用したジオポリマーは型枠内で供試体として硬化しなかった。

5. フローおよび圧縮強度試験結果

フロー試験の結果と圧縮強度試験の結果を表 4 に、GP-CK のフロー試験状況を写真 3 に示す。CA を使用したモルタルはベース調合と比較し、38mm 小さいフロー値となったが、他の 2 調合については、ベース調合とほぼ同様のフロー値となった。

圧縮強度試験結果について、CK を用いた調合の強度はベース調合のもの比較して、三分の一程度に低下したが、CA を用いたものは、ベース調合と同等となった。強度試験が可能だった 3 調合については、1 日から 7 日の間の強度増進がほとんど見られなかった。

供試体をハンマーで破碎して炭素骨材の分散性について確認した。供試体の破碎後の状況を写真 4 に示す。目視では、炭素骨材は、CK 及び CA とも比較的均質に分散していた。

6. まとめ

炭素骨材を用いた CN コンクリートの開発の可能性について検討を行い、以下のことを確認した。

- (1) CF および CK を用いたジオポリマーモルタルはベース調合と同様のフロー性状を示した。
- (2) CA を用いたジオポリマーモルタルはベース調合と同様の強度発現を示した。
- (3) 炭素骨材は、硬化体内部で均質に分散していた。

以上のことから、適した炭素骨材の選定により、CN コンクリートの開発は可能と考えられる。

謝辞 本研究で使用した試料は、(株)クレハより提供いただいた。この場を借りて、関係各位に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) コンクリート工学会：建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会、2017 年 9 月



写真 2 各調合の供試体

表 4 試験結果

	試験結果		
	モルタル フロー mm	圧縮強度	
		材齢1日 N/mm ²	材齢7日 N/mm ²
GP-CN	195	8.4	8.5
GP-CF	186	-	-
GP-CK	198	2.8	2.7
GP-CA	157	8.4	9.7



写真 3 フロー試験状況 (GP-CK)

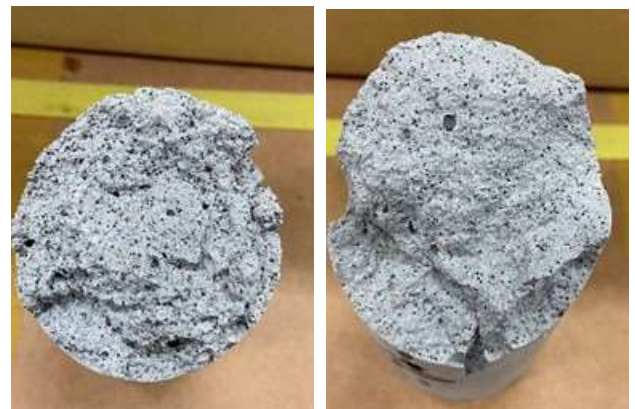


写真 4 供試体破碎後の断面

*1 西松建設 (株)
*2 北九州市立大学

*1 NISHIMATSU Construction
*2 The University of Kitakyushu