

球状活性炭を用いたセメントモルタルの基礎的性質に関する研究

九州大学大学院 正会員 ○佐川 康貴
西松建設(株) 正会員 原田 耕司

1. はじめに

セメント、コンクリート分野では近年、CO₂排出量の削減が求められているが、インフラ整備に欠くことができない材料であることから、製造量や使用量を極端に減らすのは困難である。よって、材料の力学的特性や劣化に対する抵抗性を維持しつつ CO₂ 排出量を削減するための手法が必要である。J-クレジット制度では現在、63の方法が承認されている(2022年3月現在)¹⁾。筆者らは、それらの中で、バイオ炭の農地転用に着目した。バイオ炭(Biochar)とは、「バイオマス(生物由来の有機物)を燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350°C以上の温度で加熱して作られた固形物」と定義されている(2019年IPCC改良ガイドライン)。近年、特に海外ではコンクリート用材料として既にバイオ炭を用いた研究が多く報告されている^(例えば2),3)。

このような背景から、バイオ炭をコンクリートに混合して炭素を固定する方法は、CO₂排出量削減に貢献できる可能性があることを踏まえ、本研究では、コンクリートに炭素を固定するための基礎的研究として、炭素を主成分とする粒子(以下、炭素骨材と呼ぶ)を混合したモルタルのフレッシュ性状および強度について明らかにした。

2. 使用材料および配合

使用した炭素骨材は、球状活性炭(試料A)、およびそれを製造するための前駆体である試料K、試料Fの3種類である。加熱処理温度は、試料F<試料K<試料Aである。最終的には、ネガティブ・エミッション技術としてバイオマスを熱分解して得られるバイオ炭を用いることを目指しているが、本研究では、基礎段階の研究として、石油ピッチ由来の球状活性炭およびその前駆体を用いた。各試料の特性を、表-1に、試料Aの拡大像を図-1に示す。

結合材には普通ポルトランドセメントを、基準の細骨材には標準砂を用いた。配合は、JIS R 5201に示される配合(水 225 g, セメント 450 g, 細骨材 1350 g)、すなわち、水セメント比 W/C=50%, 砂セメント比 S/C=3.0を基準とし、炭素骨材を混合率(セメントに対する質量比)1%, 2%および3%の条件で用いた。混合率1%の場合、所定の水、セメント、標準砂の質量に炭素骨材を累加した。混合率2%および3%では、標準砂の量から炭素骨材の質量を差し引いた。また、混合率3%では、ポリカルボン酸エーテル系化合物を主成分とする高性能減水剤をセメント量の0.5%添加した配合も作製した。作製した供試体の一覧を表-2に示す。

3. 供試体の作製

JIS R 5201の方法で練混ぜを行った。炭素骨材は、セメントと同時に練り鉢に投入した。練上がり後にフロー値(15打)を測定し、強さ試験用の供試体(40×40×160mm)を作製した。練混ぜから24時間後に脱型し、標準水中養生にて保管し、材齢7日で曲げ強さおよび圧縮強さを求めた。配合名は、(試料名)-(混合率(%))のように表記

キーワード CO₂排出量削減, 炭素固定, 球状活性炭, モルタル, フロー, 強度

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 建設設計材料工学講座

表-1 炭素骨材の特性

材料名称		試料F (前駆体)	試料K (前駆体)	試料A (球状活性炭)
項目	単位			
加熱処理温度	°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		
MB吸着 (セメント協会法)	mg/g	0.32	0.14	300
粒径範囲	μm	300~800	200~700	
圧潰強度	N	約2.94	約8.83	約11.8

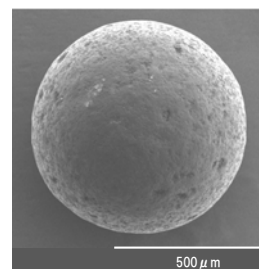


図-1 試料拡大像(試料A)

表-2 供試体一覧

		試料F	試料K	試料A
樹 如 照	1%	○	○	○
	2%	○	○	○
	3%	-	-	◎

【凡例】○: 混和剤なし, ◎混和剤あり・なし

することとし、高性能減水剤を用いたものは添字 WR を用いる。比較用として、炭素骨材が無混合の配合 N も作製した。

4. 結果および考察

4.1 フロー

図-1 にフロー値の測定結果を示す。高性能減水剤なしの場合、炭素骨材の混合により、全体的にフロー値が小さくなった。また、試料 F、K に比べて、試料 A のフロー値が小さくなった。これは、試料 A の持つ空隙に練混ぜ水が吸収され、モルタルの流動性に寄与する水量が減少したことが原因と考えられる。A-3 ではモルタルの流動性が悪くなり、これ以上フロー値が低下すると、テーブルバイブレーターでの型枠の充填が困難になる状態となった。しかし、高性能減水剤を添加した場合 (A-3WR) には、フローは改善し、無混合と同等となった。試料 A は粒子表面が平滑であるが、本研究での混合率の範囲内では、ペーストの分離はほとんど認められなかった。

4.2 強度

まず、試料 F と試料 K について見ると、無混合の場合よりも小さくなり、混合率が大きいほど強度は小さくなった。処理温度が低い場合には、炭素骨材の粒子の強さ (圧潰強度) が小さくなっていることが原因として考えられる。

次に、試料 A について見ると、A-1 および A-2 では、N と同等の強度となったが、A-3 では曲げ強さ、圧縮強さともに N に比べて小さくなった。試料 A は表面が平滑であることに加え、A-3 (混和剤なし) では、フロー値が小さいことにより型枠への充填性が十分に得られず、硬化体が緻密でなかったと考えられる。硬化後のモルタル (脱型時) の単位容積質量を比較した結果、N の $2.30\text{g}/\text{cm}^3$ に対し、A-3 では $2.24\text{g}/\text{cm}^3$ と小さかった。

一方、高性能減水剤を添加した A-3WR では、最も強度が高くなった。単位容積質量は、N と同等の $2.30\text{g}/\text{cm}^3$ であった。球状活性炭は、賦活処理により粒子内部に空隙を有する構造であり、練混ぜ水を吸収し、フレッシュ性状が低下するものの、高性能減水剤を添加することでフロー値が改善することが明らかとなった。また、曲げ強さ、圧縮強さともに、無混合よりも向上したが、強度向上のメカニズムの解明は、今後の検討課題である。

5. 結論

本研究では、バイオ炭によるコンクリートへの炭素固定に関するフィジビリティスタディとして、球状活性炭およびその前駆体を混合したセメントモルタルのフレッシュ性状および強度に関する基礎的性質を調べた。その結果、混合率が 3% までの範囲であれば、高性能減水剤を併用することで、無混合と同様のセメントモルタルを製造可能であることを明らかにした。

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

参考文献

- 1) J-クレジット制度 HP, “方法論”, <https://japancredit.go.jp/about/methodology/>, (参照 2022-3-31)
- 2) Mensah, R.A. et al.: Biochar-Added Cementitious Materials—A Review on Mechanical, Thermal, and Environmental Properties, Sustainability 2021, 13(16), 9336
- 3) Kang-Hao Tan et al.: Biochar as a Partial Cement Replacement Material for Developing Sustainable Concrete: An Overview, J. Mater. Civ. Eng., 2021, 33(12): 03121001

