

バイオ炭を混和したコンクリートのフレッシュ性状および強度特性

清水建設(株) 正会員 ○木原 亮太 幸田 圭司 山本 伸也
清水建設(株) 正会員 清水 和昭 久保 昌史 田中 博一

1. はじめに

コンクリート分野のカーボンニュートラルへの対応に向けて、CO₂固定量の多いバイオ炭（バイオマスを不完全燃焼させて得られる炭化物）を混和した環境配慮型コンクリートの開発を検討している。既報¹⁾²⁾では呼び強度 24 を想定した配合（W/C=55%）に関する性能試験結果をまとめたが、本稿では呼び強度 30 を想定した配合（W/C=50%）のフレッシュ性状および強度特性についてまとめる。

2. 配合計画および試験方法

表－1 に検討配合を、表－2 に使用した材料の諸元を示す。バイオ炭の混和量は 20kg/m³、60kg/m³、80kg/m³ の 3 水準として、細骨材容積に置換して使用した。また、バイオ炭は粉状（粒径：1mm 以下）および粒状（粒径：2～5mm）の 2 種類としたが、その理由としては、特に粉状の場合、混和量が多くなると所要のスランプ・空気量を確保することが困難となるためである。そのため、混和量 60kg/m³、80kg/m³ の配合のバイオ炭は粒状とした。また、バイオ炭を混和した場合、空気量が経時によって低下する現象が事前に確認されたため、AE 剤をフライアッシュ対応型のものに変更した。なお、表－1 中に各配合の CO₂ 排出量算定値を合わせて示すが、本検討配合においてはバイオ炭を 80kg/m³ 混和することでカーボンネガティブを実現可能である。

本検討で実施した試験は表－3 に示す通りである。スランプおよび空気量については、練上り直後に加え、30 分、60 分、90 分静置後にも試験を実施し、それぞれの経時変化を確認した。

3. 試験結果

（1）スランプ・空気量

図－1 および図－2 にスランプおよび空気量の試験結果を示す。スランプについては、練上り直後の試験値が配合ごとでばらついてはいるものの、練上りから 90 分時点のスランプロスに着目すると、ベース配合で

表－1 検討配合

セメント 種類	配合 略称	スランプ [*] (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							混和剤添加量		CO ₂ 排出量 (kg/m ³)
						水	セメント	細骨材 ①	細骨材 ②	粗骨材	バイオ炭 (粉)	バイオ炭 (粒)	AE減水剤 (C×wt%)	AE剤 (A)	
BB	ベース	15	4.5	50.0	44.6	173	346	313	469	999	0	0	1.2	3.5	158
	炭粉20	15	4.5	50.0	43.6	173	346	300	449	999	20	0	1.6	50	112
	炭粒60	15	4.5	50.0	41.3	173	346	273	410	999	0	60	1.4	10	20
	炭粒80	15	4.5	50.0	40.1	173	346	260	390	999	0	80	2.0	30	-28

表－2 使用材料の諸元

使用材料	産地・仕様	CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /kg)
水 (W)	地下水	0.0002 ³⁾
セメント	高炉セメントB種、密度：3.04g/cm ³	0.4441 ⁴⁾
細骨材①	栃木県佐野市産砕砂、表乾密度：2.66g/cm ³	0.0034 ⁴⁾
細骨材②	千葉県市原市万田野産山砂、表乾密度：2.60g/cm ³	0.0037 ⁴⁾
粗骨材	栃木県佐野市産碎石、表乾密度：2.70g/cm ³	0.0029 ⁴⁾
バイオ炭	原料：オガ粉、密度：1.60g/cm ³	-2.299 ⁵⁾
AE減水剤	変性リグニンスルホン酸化合物・ポリカルボン酸系化合物の複合体	—
AE剤	高級脂肪酸塩・非イオン系界面活性剤（バイオ炭混和配合）	—
	アルキルエーテル型陰イオン界面活性剤（バイオ炭無混和配合）	—

表－3 試験項目

試験内容	準拠基準
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
加圧フリーディング [*]	JSCE-F502
圧縮強度	JIS A 1108

キーワード 環境配慮型コンクリート、バイオ炭、カーボンニュートラル、フレッシュ性状、圧縮強度

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) 土木技術本部 基盤技術部 TEL 03-3561-3915

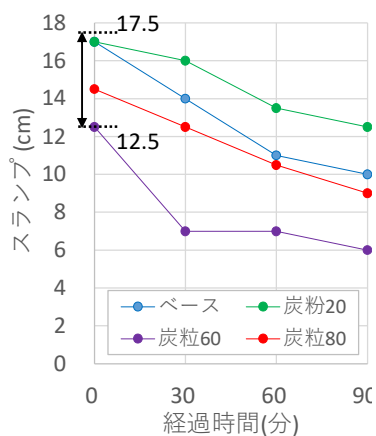


図-1 スランプ試験結果

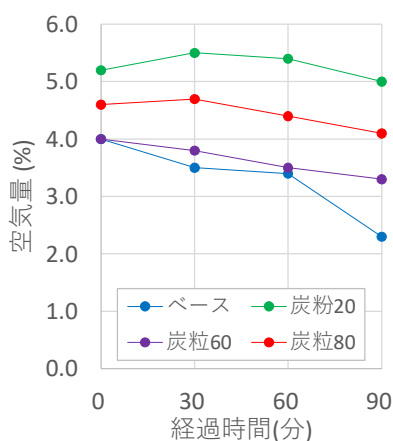


図-2 空気量試験結果

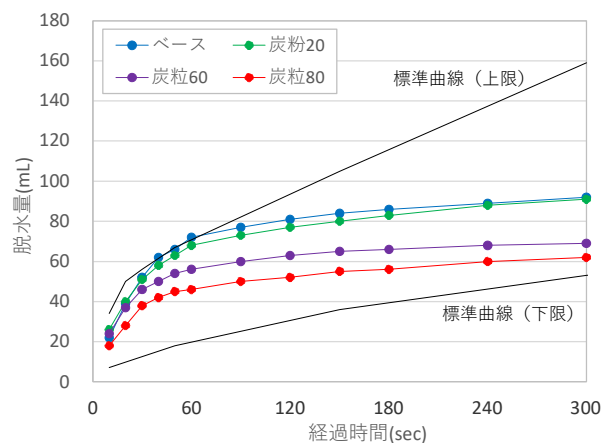


図-3 加圧ブリーディング試験結果

7.0cmであったのに対し、バイオ炭を混和した配合のスランプロスは、炭粉 20 で 5.0cm、炭粒 60 で 6.5cm、炭粒 80kg で 5.5cm であり、いずれもベース配合と同等であった。また、空気量についても同様にベース配合と同等の経時保持性であった。

(2) 加圧ブリーディング

図-3 に加圧ブリーディング試験結果を示す。いずれの配合も標準曲線内に入っていたことから、ポンプ圧送は可能であると考えられる。バイオ炭の混和量が 20kg/m^3 の場合はベース配合と同等の脱水量であったが、バイオ炭の混和量が 60kg/m^3 、 80kg/m^3 と多くなるにしたがって脱水量が低下する傾向であった。これは加圧中に多孔質なバイオ炭がコンクリート中の自由水を吸水したためであると考えられる。

(3) 圧縮強度

図-4 に圧縮強度試験結果を示す。バイオ炭混和の有無、混和量に関わらず、圧縮強度は同等であった。これは既報²⁾と同様の結果であり、バイオ炭を混和した場合でも呼び強度 30 は十分に満足できると言える。

4. まとめ

コンクリートにバイオ炭を混和することによるスランプ、空気量への影響はほとんどないが、混和量によっては圧送特性が変化する可能性が示唆された。圧縮強度はバイオ炭混和の有無に関わらず同等であり、呼び強度 30 程度でも十分に適用は可能である。

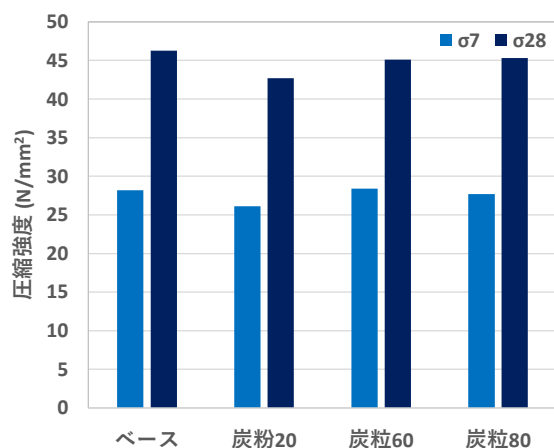


図-4 圧縮強度試験結果

参考文献

- 幸田ら: バイオ炭を混和した環境配慮型コンクリートのフレッシュ性状, 土木学会第77回年次学術講演会, V-244, 2022
- 木原ら: バイオ炭を混和した環境配慮型コンクリートの硬化性状, 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-245, 2022
- 東京都水道局 HP より: <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/kurashi/co2.html> (閲覧日: 2023 年 3 月 30 日)
- 辻ら: 二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用, 建設機械施工 Vol69, No.3, pp.9-14, 2017.3
- J クレジット制度 HP より「バイオ炭の農地施用方法論」参照: https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-004_v1.4.pdf (閲覧日: 2023 年 3 月 30 日)