

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

清水建設株式会社 正会員 ○木原 亮太 正会員 幸田 圭司
 正会員 山本 伸也 正会員 清水 和昭
 正会員 田中 博一 正会員 久保 昌史

1. はじめに

近年、カーボンニュートラルへの対応から、環境配慮型コンクリートに関する様々な技術開発が進められている。筆者らは製造時のCO₂排出量が少ない結合材に加え、CO₂固定化を期待できる材料であるバイオ炭（バイオマス原料を不完全燃焼させて得られる炭化物）を併用することで、カーボンニュートラル達成可能な環境配慮型コンクリートを検討している。本稿ではバイオ炭を混和したコンクリートの硬化性状を確認した結果をまとめる。なお、CO₂排出低減効果及びフレッシュ性状試験の結果については別稿で報告するため割愛する。

2. 試験配合および試験方法

本検討で使用した配合を表-1に、使用材料の諸元を表-2に示す。セメント種類は、製造時のCO₂排出量の少ない高炉セメントB種（以下、BB）および高炉セメントC種相当のECMセメント（以下、ECM）を用いた。なお、既往の研究¹⁾を踏まえ、BB配合とECM配合で強度レベルを同等とするため、ECM配合の水セメント比はBB配合に対して5%小さくした。また、バイオ炭は混和量15kg/m³、30kg/m³、60kg/m³の3水準を設け、細骨材容積に置換して使用した。使用するバイオ炭は粉状（粒径：1mm以下）と粒状（粒径：2～5mm）の2種類とした。

本検討では、圧縮強度試験を、コンクリートの圧縮強度試験方法（JIS A 1108）、乾燥収縮試験を、モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法[コンタクトゲージ方法]（JIS A 1129-2）に準じてそれぞれ実施し、バイオ炭を混和したコンクリートの硬化性状を確認した。

圧縮強度はφ100×200mmの円柱供試体を20±2℃の湿潤環境で養生を行い、材齢3,7,28日で試験を行った。乾燥収縮は100×100×400mmの角柱供試体を20±2℃、相対湿度60±5%環境下において、乾燥期間7,14,21,28日で長さ変化率を測定することで確認した。

表-1 検討配合

セメント種類	配合略称	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混和剤添加量		
				W	C	S ₁	S ₂	G	バイオ炭(粉)	バイオ炭(粒)	AE減水剤(C×wt%)	AE助剤(A)
BB	BB(基準)	55	45.5	169	307	327	490	1008	0	0	0.8	3.5
	BB炭15(粉)	55	44.7	169	307	318	475	1008	15	0	1.4	40
	BB炭30(粉)	55	43.9	175	318	303	454	994	30	0	1.3	80
	BB炭30(粒)	55	44.0	169	307	308	461	1008	0	30	1.0	40
	BB炭60(粒)	55	42.3	169	307	288	431	1008	0	60	1.5	3
ECM	ECM(基準)	50	45.5	169	338	321	481	989	0	0	0.8	2
	ECM炭15(粉)	50	44.7	169	338	311	466	989	15	0	1.0	20
	ECM炭30(粉)	50	43.9	169	338	301	451	989	30	0	1.4	20
	ECM炭30(粒)	50	43.9	169	338	301	451	989	0	30	0.8	20
	ECM炭60(粒)	50	42.3	169	338	282	422	989	0	60	1.0	10

表-2 使用材料の諸元

使用材料	産地・仕様
水(W)	地下水
セメント(C)	高炉セメントB種、密度：3.04g/cm ³
	ECMセメント、高炉スラグ微粉末混入率65%、密度：2.96g/cm ³
細骨材①(S ₁)	栃木県佐野市産砕砂、表乾密度：2.66g/cm ³
細骨材②(S ₂)	千葉県市原市万田野産山砂、表乾密度：2.60g/cm ³
粗骨材(G)	栃木県佐野市産砕石、表乾密度：2.70g/cm ³
バイオ炭(粉状・粒状)	原料：おがくず、密度：1.60g/cm ³
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)

キーワード 低炭素, バイオ炭, カーボンニュートラル, CO₂固定化, 硬化性状

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 TEL 03-3561-3915

3. 圧縮強度試験

BB 配合および ECM 配合の圧縮強度試験結果を図-1 に、基準配合に対する圧縮強度比を図-2 に示す。バイオ炭混和コンクリートは、BB 配合は基準配合に対して同等以上、ECM 配合は基準配合に対して混和量 15kg/m^3 (粉), 30kg/m^3 (粉) では同等, 30kg/m^3 (粒), 60kg/m^3 (粒) では若干低下する結果となった。一方、バイオ炭を混和した場合、材齢 3 日において圧縮強度が基準配合より大きくなる傾向が認められた。これは、バイオ炭は多孔質材料で吸水性が高いため、練混ぜ後バイオ炭が吸水することにより、セメントペーストの W/C が基準配合と比較して低下したためと考えられる。 W/C が低下することで初期材齢の圧縮強度は高くなるが、バイオ炭自身の強度が細骨材と比較して小さいことから、材齢経過に伴い圧縮強度が高くなるとバイオ炭が圧縮強度に与える影響が大きくなり、材齢 28 日においては圧縮強度がほぼ同等となったものと考えられる。長期材齢の圧縮強度については今後の検討とする。

4. 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験から測定された長さ変化率の結果を図-3 に示す。基準配合で比較すると、ECM 配合は BB 配合と比較して乾燥期間 28 日における長さ変化率が約 20% 小さくなった。バイオ炭を混和した場合、BB 配合、ECM 配合いずれも長さ変化率が小さくなる傾向が認められた。バイオ炭混和による長さ変化率の低減効果は、BB 配合で最大約 10%、ECM 配合で最大約 25%であった。バイオ炭が練混ぜ後に吸水した水分を内部から放出することにより、コンクリート内部の乾燥を抑制した可能性が考えられるが、詳細については今後の課題である。

5. まとめ

CO_2 固定材であるバイオ炭を混和した環境配慮型コンクリートについて、硬化性状に関する検討を実施した。その結果、圧縮強度については、BB 配合および ECM 配合ともにバイオ炭の混和量 60kg/m^3 まで基準配合とほぼ同等であることが明らかとなった。乾燥収縮については、バイオ炭を混和することで BB 配合で最大約 10%、ECM 配合で最大約 25%小さくなることが明らかになった。

参考文献

- 1) 室野井敏之, 坂井吾郎, 井上和政, 齊藤和秀: 高炉スラグ高含有セメントを用いた土木用コンクリートの基礎物性に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, 2013

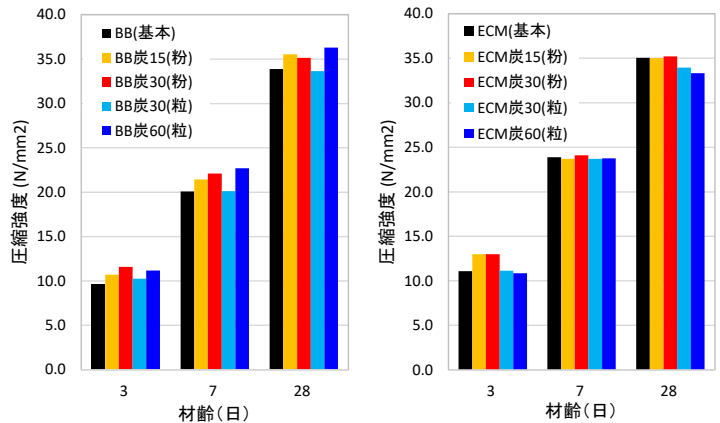


図-1 圧縮強度試験結果

(左: BB 配合, 右: ECM 配合)

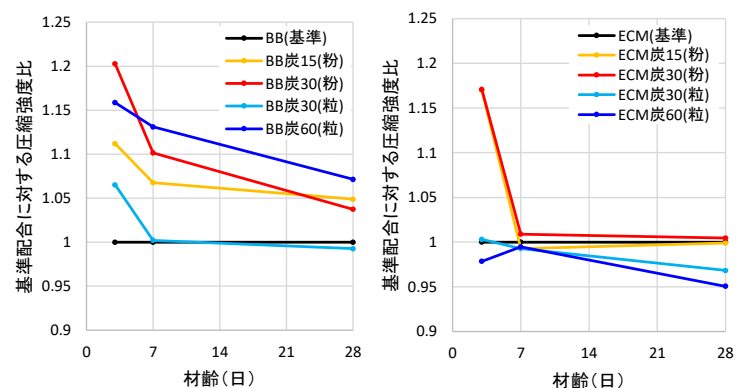


図-2 基準配合に対する圧縮強度比

(左: BB 配合, 右: ECM 配合)

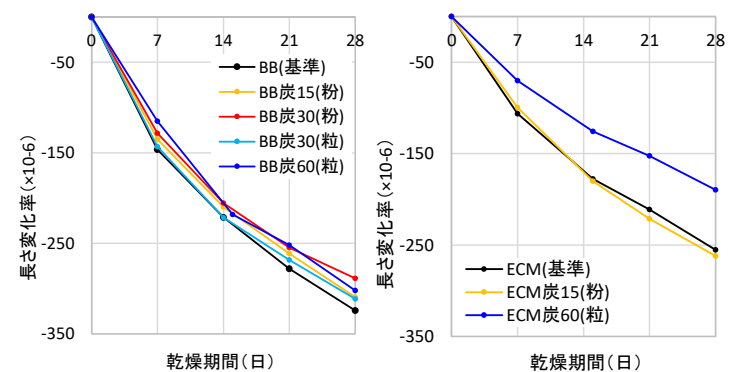


図-3 乾燥収縮による長さ変化率

(左: BB 配合, 右: ECM 配合)