

フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を用いたローカーボンコンクリートに関する研究

ハザマ 正会員 ○松家武樹 正会員 福留和人 正会員 坂本守 正会員 斉藤栄一  
香川大学 フェロー会員 堺孝司 住友大阪セメント(株) 正会員 鈴木康範

1. はじめに

近年、世界レベルおよび日本レベルで温室効果ガスの削減目標が設定され、あらゆる分野で環境に対する配慮が益々その重要性を増している。

コンクリート材料の中で最もCO<sub>2</sub>を排出するのはセメントである。単位コンクリートあたりのセメント量を減らすことがCO<sub>2</sub>を削減させる1つの有効な手段である。その代表的な例が、高炉セメントやフライアッシュセメントを用いた従来の混合セメントであるが、従来、混和材の利用は、産業副産物の有効利用のコンセプトの下で用いられており、「力学・耐久性能」と「ローカーボン」との最適化を目指したものではない。ただし、我が国における産業廃棄物処理を担う静脈産業としてのセメント産業の位置づけや混和材料が多い場合のコンクリート特性を考慮すると、比較的少ない混和材料を置換したセメントを汎用的に用いることによってCO<sub>2</sub>を全体として削減させることも有用な手法と思われる。そこで本研究では、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末(以下、高炉スラグと略記)の組合せによるコンクリートの「基本性能」と「ローカーボン」の最適化を図るための基礎的な情報を得るために、フライアッシュおよび高炉スラグの組み合わせによる置換率がコンクリートのフレッシュ性状および硬化特性に及ぼす影響と上記の混和材利用に伴う環境負荷低減効果について明らかにすることとした。

2. 実験概要

表-1 に、セメントに対する混和材置換率の組み合わせを示す。表-2 には、本研究で使用した材料

表-1 混和材置換率の組合せ

		高炉スラグ置換率(%)				
		0	10	20	30	40
フライアッシュ置換率(%)	0	○	○	○	○	○
	10	○	○	○	○	—
	20	○	○	○	○	—

の種類および品質を示す。コンクリートの製造は、温度 20℃、相対湿度 60%の試験室で行い、容量 100 リットルの強制二軸ミキサを用いて、1 バッチの練混ぜ量を 60 リットルとして行った。コンクリートの配合は水結合材比を 40%、高性能 AE 減水剤の量は結合材に 0.8%を乗じる一定の量とした。表-3 に、コンクリートの配合を示す。

3. 実験結果および考察

図-1 に、各配合における単位水量を示す。同図の括弧内にはスランプ値を示している。フライアッシュおよび高炉スラグ置換率の増加に伴い、単位水量は減少している。これはフライアッシュのボールベアリング効果と、フライアッシュおよび高炉スラグの比表面積がセメントよりも大きいことに起因して、適正な粒度分布を構成したことが流動性に寄与したものと類推できる。図-2 には、コンクリートの圧縮強度を示す。材齢 3 日および 28 におけるフライ

表-2 材料の種類および品質

材料	種類	記号	品質
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.15g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3430cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	フライアッシュ II種	FA	密度: 2.25g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 4150cm <sup>2</sup> /g
高炉スラグ微粉末	高炉スラグ微粉末 4000	BS	密度: 2.89g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 4170cm <sup>2</sup> /g
細骨材	川砂	S	密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 1.12%
粗骨材	碎石	G1	最大寸法: 20mm, 密度: 2.72g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.58%
		G2	最大寸法: 15mm, 密度: 2.71g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.77%
混和剤	高性能AE減水剤	—	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	AE剤	—	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-3 コンクリートの配合

W (C+FA+BS) (%)	FA 置換率 (%)	BS 置換率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					高性能AE 減水剤 (kg/m <sup>3</sup> )	AE剤 (100倍希釈) (kg/m <sup>3</sup> )		
			W	C	FA	BS	細骨材				
							S			粗骨材 碎石	
40	0	0	140	350	0	0	848	620	412	2.80	0.42
		10	138	311	0	35	851	623	414	2.77	0.42
		20	136	272	0	68	855	625	415	2.72	0.41
		30	135	238	0	102	853	624	415	2.72	0.41
		40	133	200	0	133	859	628	417	2.66	0.40
	10	0	135	304	34	0	854	624	415	2.70	0.85
		10	130	260	33	33	864	632	420	2.61	0.82
		20	128	224	32	64	867	634	421	2.56	0.80
		30	126	189	32	95	871	637	423	2.53	0.63
		40	131	262	66	0	858	627	417	2.62	1.31
	20	10	127	223	64	32	865	633	420	2.55	1.28
		20	124	186	62	62	871	637	423	2.48	1.24
30		121	152	61	91	877	641	426	2.43	1.06	

キーワード フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, CO<sub>2</sub>排出量, フレッシュ性状, 硬化特性

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 TEL 029-858-8813

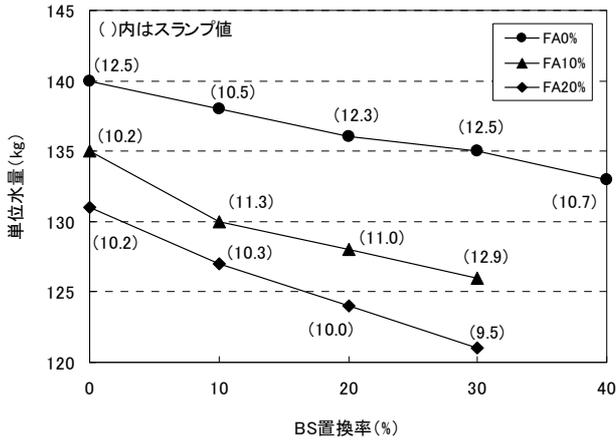


図-1 単位水量

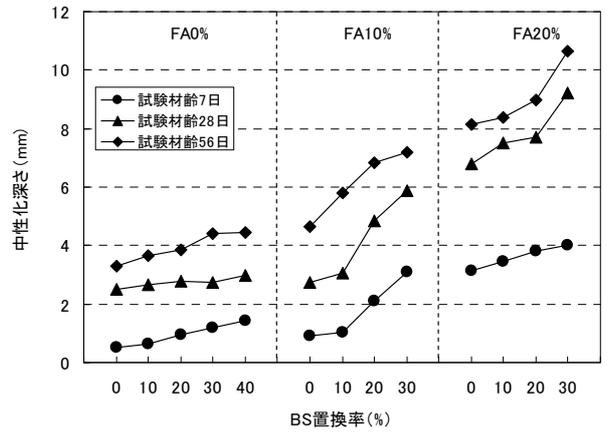


図-3 中性化深さ

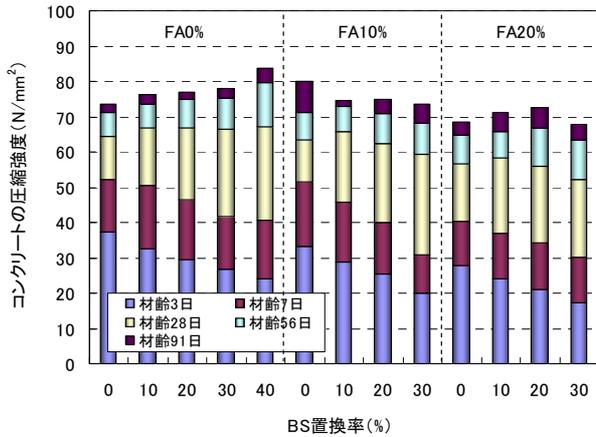


図-2 コンクリートの圧縮強度

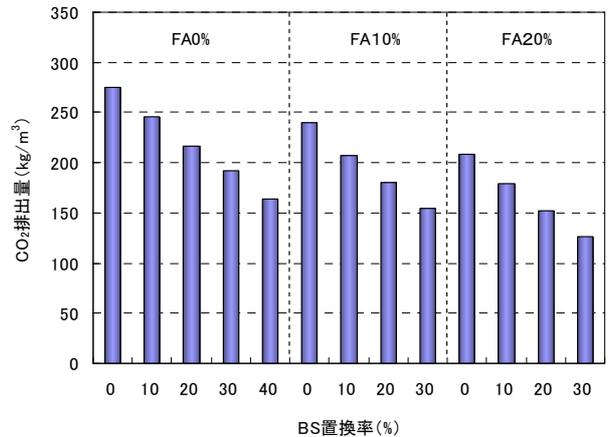


図-4 CO2 排出量

アッシュ置換率20%および高炉スラグ置換率30%における圧縮強度は、混和材無混入の場合と比べ54%および19%の低下である。図-3には、促進中性化試験の材齢56日までの結果を示す。フライアッシュおよび高炉スラグ置換率の増加は、中性化深さを増大させる結果となった。

#### 4. 混和材利用による環境評価

本研究で用いるインベントリデータは、土木学会より発刊されている「コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案)」<sup>1)</sup>を引用した。図-4に、CO<sub>2</sub>排出量を示す。フライアッシュおよび高炉スラグの置換率増加に伴い、CO<sub>2</sub>排出量は減少している。なお、本実験の範囲内における各配合のCO<sub>2</sub>排出量は、127kg/m<sup>3</sup>から275kg/m<sup>3</sup>である。図-5には、コンクリートの圧縮強度に対するCO<sub>2</sub>排出量の比を示す。材齢3日におけるコンクリートの圧縮強度に対するCO<sub>2</sub>排出量の比は、大きな差異はなく、ほぼ同等であると判断できる。しかしながら、材齢が進むにつれ、その比は小さくなると共に、フライアッシュおよび高炉スラグ置換率の増加は、その比を小さくさ

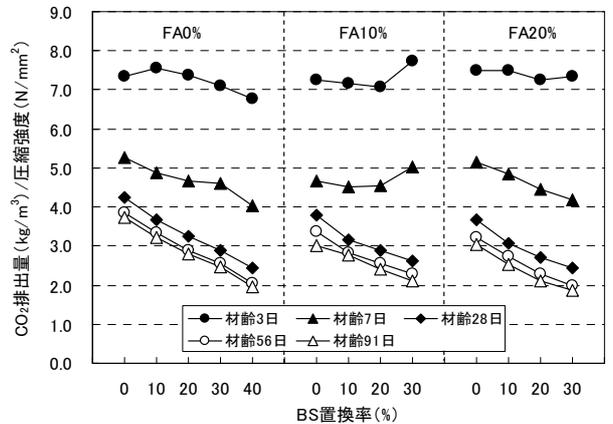


図-5 圧縮強度に対するCO2排出量の比

せる傾向がある。

#### 4. まとめ

フライアッシュ置換率20%および高炉スラグ置換率30%までの併用は、混和材無混入に比べ、1N/mm<sup>2</sup>あたりコンクリートの圧縮強度を得るために排出されるCO<sub>2</sub>量を小さくできることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案)，コンクリートライブラリー125，2005。