

フライアッシュ置換によるスラグ骨材コンクリートの品質改善

鳥取大学大学院 学生会員 ○村山 真一 鳥取大学 正会員 吉野 公
鳥取大学 正会員 井上 正一 郡家建設 谷口 泰章

1. はじめに

現在、安定的なスラグ発生状況に加え、処分場の不足や廃棄物に対する環境基準の規制といった問題に直面している。また、フライアッシュの安定的な処理のため、新たな有効利用拡大技術の開発が急務となっている。そこで本研究は、産業副産物の有効利用の観点から、高炉スラグ骨材を用いたコンクリートにフライアッシュを細骨材の一部として用いた場合の基本的性質について研究を行った。

表1 実験要因と水準

モルタル試験	
W/C(%)	60, 65
フライアッシュ置換率(%)	0, 5, 10, 15, 20

2. 実験概要

使用材料として、高炉B種セメント、細骨材に高炉スラグ細骨材（以下BS）、普通砂（砕砂、陸砂）、フライアッシュ2種類（FA, FB）、粗骨材に高炉スラグ粗骨材（以下BG）、砕石、混和剤に高性能AE減水剤、AE助剤を使用した。本研究では、モルタル試験によってフライアッシュの置換率が混和剤の添加量に及ぼす影響を

コンクリート試験		
細骨材	BS, 普通砂, FA, FB	
粗骨材	砕石, BG	
W/C(%)	60, 65	
フライアッシュ置換率(%)	W/C=60%	5, 10, 15
	W/C=65%	10, 15, 20

検討した後、コンクリートのフレッシュ性状および硬化後の特性に関する検討を行った。その要因と水準を表1に示す。

表2 骨材の物理的性質

	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	F.M.
BG	2.51	2.38	5.45	1.44	60.6	6.77
BS	2.64	2.61	1.18	1.47	56.2	2.34

3. 実験結果及び考察

以降のフライアッシュ置換したモルタル・コンクリートを F(A,B)-置換率(%)・W/C(%)と表記する。

3. 1 高炉スラグ骨材の物理的性質

高炉スラグ骨材の物理的試験結果を表2に示す。BSは一般的な高炉スラグ細骨材に比べ、比較的密度が小さく、微粒分量が少ないもので、BGはJIS A 5011より区分Aに属している。このことからBS, BGともあまり品質の良くないものといえる。

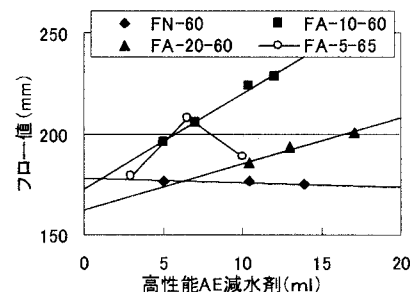


図1 減水剤添加量とフロ-値との関係

3. 2 フライアッシュ置換が混和剤添加量に及ぼす影響

BS, BGのみ使用の単位水量 $W=175\text{kg/m}^3$ としたフライアッシュ無置換のコンクリートの打設を行った結果、最適 s/a は45%と決定した。しかし、目標スランブ8cmには到達せず、混和剤添加量やW/Cを変化させても、際立ったスランブ変動が得られず、分離が生じ打設が困難となった。そこで、まずモルタル試験によってフライアッシュ置換率が混和剤添加量に及ぼす影響を検討した。

表3 混和剤添加量(C×□%) 下段:AE助剤

W/C	フライアッシュ	F-5	F-10	F-15	F-20
60%	FA	0.90	0.80	1.30	-
		5.10	9.40	19.50	-
	FB	0.40	0.60	1.30	-
		2.50	6.10	14.40	-
65%	FA	-	0.90	1.20	1.90
		-	11.80	21.80	27.70
	FB	-	0.90	-	-
		-	11.70	-	-

図1に示すように、無置換のモルタル(FN)は混和剤添加量を増加しても流動性の改善は得られず、材料分離が生じた。また、フライアッシュの種類によらず、W/C=65%では置換率が5%でも材料分離が生じ、W/C=60%では置換率が20%となると、混和剤添加量が著しく増加した。また、FBを置換したものでは、BET比表面積が大きく未燃炭素が多いため、置換率15, 20%の配合では高性能AE減水剤添加量が著しく増加したと考えられる。これら混和剤効果が得られない配合ではコンクリートの打設は行わず、打設を行うものに対しては通常の骨材を用いたコンクリートのスランブ8cmのモルタル部分のフロ-値200mmにおける混和剤添加量を割り出した。その結果を表3に示す。

3. 3 配合

W/C=60%では、FA-(5, 10, 15), W/C=65%では、FA-20について、単位水量 $W=175\text{kg/m}^3$ 、高性能 AE 減水剤、AE 助剤添加量を一定としたコンクリートを s/a のみを変化させ、スランプが最大となる s/a を最適 s/a とした(図 2)。残りは、FA-15-60 と FA-20-65 の最適 s/a が同じであるため、W/C とフライアッシュ置換率が 5%上がれば(下がれば)、最適 s/a は同じとなると考え、FA-(10, 15)-65 の最適 s/a を決定した。また、FB も FA と同じ最適 s/a を設定した。最適 s/a を決定した後、スランプ $8\pm 1.5\text{cm}$ 、空気量 $6\pm 1.5\%$ となるように混和剤添加量を補正した(表 4)。表からわかるようにフライアッシュ置換率が増加すると混和剤量が増加することがわかる。

3. 4 コンクリートのフレッシュ性状

高炉スラグ骨材を用いたコンクリートのスランプの経時変化は、高炉スラグ骨材コンクリートにフライアッシュを置換すれば、通常のコンクリートと同等のスランプロスを示した(図 3)、また、空気量の経時変化も同様であった。

3. 5 硬化コンクリートの物性

図 4 より材齢による圧縮強度発現挙動は、フライアッシュで置換したコンクリートと普通コンクリートは同等であった。図 5 にセメント水比と圧縮強度の関係を示す。ただし、フライアッシュ置換したものは結合材水比((C+F)/W)である。図 5 より、フライアッシュを細骨材の一部として置換し、高炉スラグ骨材を用いたコンクリートの材齢 28 日圧縮強度は、普通コンクリートと同等か大きくなったが、フライアッシュの置換率(結合材水比)と強度の関係は必ずしも線形関係となっていない。

図 6 に静弾性係数と圧縮強度の関係を示す。図より高炉スラグ骨材を用いたコンクリートの静弾性係数は、土木学会式で予想される値よりも小さいこと、圧縮強度の増加に伴う弾性係数の増加の程度は普通コンクリートに対して規定された土木学会式に比べて小さいことが分かる。

4. 結論

本研究の範囲内では、フライアッシュ置換した高炉スラグ骨材コンクリートは、スランプ、空気量とも良好な保持性能を持った。硬化後、普通コンクリートと同等あるいは大きな強度を有する。また、混和剤添加量によるコスト的な面から、高炉スラグ骨材コンクリートのフライアッシュ置換率は、10%程度が適切であると考えられる。

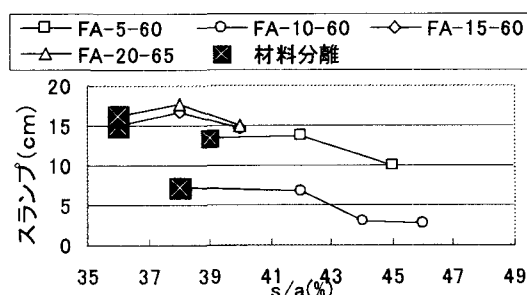


図 2 スランプと s/a の関係

表 4 混和剤添加量一覧(C×□%) 下段:AE 助剤

W/C	フライアッシュ	F-5	F-10	F-15	F-20
60%	FA	0.39	0.75	0.86	-
		1.85	8.22	20.55	-
	FB	0.44	0.60	0.75	-
		2.74	6.85	20.55	-
65%	FA	-	0.90	0.89	1.02
		-	13.80	22.31	44.61
	FB	-	0.90	-	-
		-	11.90	-	-

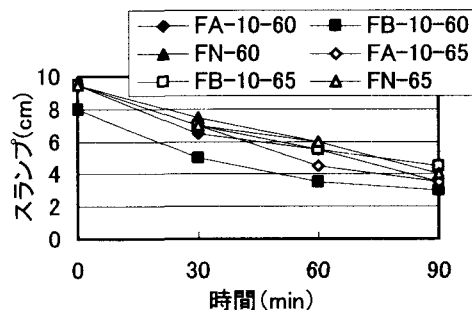


図 3 スランプの経時変化

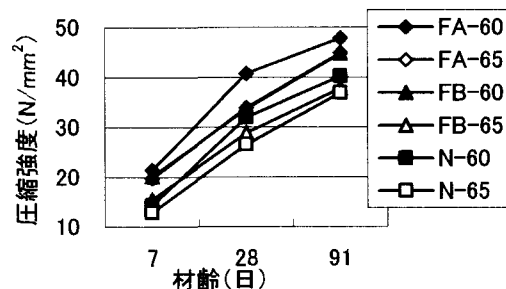


図 4 圧縮強度と材齢の関係

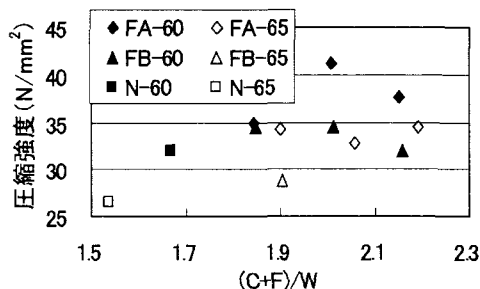


図 5 (C+F)/W と圧縮強度の関係

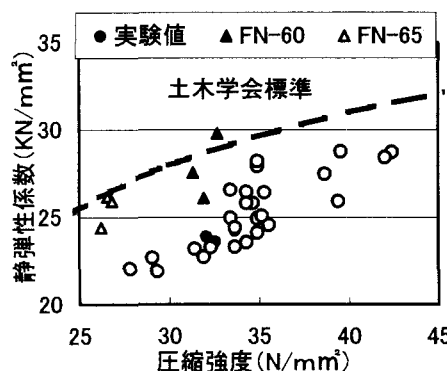


図 6 静弾性係数と圧縮強度