

石炭灰を多量に用いたコンクリート

中国地方建設局中国技術事務所 正会員 吉野好明
中国地方建設局中国技術事務所 正会員○廣田雅哉
中国地方建設局中国技術事務所 正会員 堂田 忠

1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰の中で、JIS A 6201コンクリート用フライアッシュに合格する灰は従来から主にフライアッシュセメントおよびコンクリート用混和材として活用されているが、非 JIS灰はコンクリート用混和材として使用できないため、JIS コンクリートの概念から離れて、広い意味でのコンクリート材料として使用することが考えられる。本調査においてはセメントの一部をフライアッシュ（以下FA）で置換することによりコンクリートのフレッシュ性状や硬化特性等に及ぼす影響を調査した。

2. 使用材料および試験条件

フライアッシュ 新小野田火力発電所発生品
セメント 普通ポルトランド
粗骨材 砕石4005（広島市安佐北区）
細骨材 砕砂（広島市安佐北区）
加工砂（広島市安佐北区）
砕砂：加工砂＝1：1
混和剤 リグニンスルホン酸系AE減水剤
アルキルスルホン酸系AE剤（基準配合）
ポリカルボン酸系AE剤（FA配合）

表-1 配合条件

配合記号	W/(C+FA) (%)	FA添加率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
NC(基準配合)		0		
FA(FA配合)	65	30	8.0±1.0	4.5±1.0
	55	60		
	45	80		

表-2 石炭灰物理特性

項目	試験結果	JIS A 6201
密度	2.30	1.95以上
比表面積(㎡/g)	4370	2400以上
強熱減量(%)	3.1	5.0以下

石炭灰の物理特性を表-2に示す。今回使用した石炭灰は物理特性としては JISに適合するものであった。

3. 試験結果

試験の結果、FA配合の特徴として
1) 単位水量は石炭灰添加率が増加するにしたがって減少しており、基準配合に対して添加率30%では5～10kg/㎡、60%では9～13kg/㎡、80%では10～14kg/㎡減少している。
2) 細骨材率は、基準配合に対して添加率30%および60%では1%、80%では2%減少している。
3) AE助剤は、基準配合に対して添加率30%では約20～30倍、60%では約30～45倍、80%では約40～60倍増加している。AE助剤は基準配合とFA配合で違うものを使用しているため単純に比較することは出来ないが、

表-3 配合一覧

配合ケース	単位量 (kg/㎡)						
	結合材		水	細骨材	粗骨材	混和剤	助剤
	セメント	FA					
NC-65-0	232	0	151	805	1152	0.580	0.0116
NC-55-0	273		150	754	1172	0.683	0.0150
NC-45-0	331		149	695	1185	0.828	0.0207
FA-65-30	156	66	144	785	1175	0.555	0.200
FA-55-30	179	76	140	742	1201	0.638	0.306
FA-45-30	224	96	144	675	1195	0.800	0.640
FA-65-60	86	129	140	785	1175	0.538	0.344
FA-55-60	100	149	137	738	1195	0.623	0.498
FA-45-60	124	187	140	675	1190	0.778	0.933
FA-65-80	43	171	139	764	1188	0.535	0.449
FA-55-80	49	198	136	711	1212	0.618	0.618
FA-45-80	62	247	139	649	1198	0.773	1.267

傾向としてFA配合は基準配合に対してより多くのAE助剤を必要とすると考えられる。

4) スランプおよび空気量の経時変化は、練り混ぜ30分後のスランプにおいて基準配合の5.5cmに対しFA配合では3.5~7.0cmと石炭灰添加率が大いほどロスが少ない結果が得られたが、60分後では3.0~4.0cm、90分後には2.2~3.5cmと、ほぼ基準配合並みの結果となった。

5) プリーディングは単位水量が少ないFA配合の方が基準配合より1.2~1.9倍多く、収束時間も約1.4~2.2倍長いという結果を得た。理由としては石炭灰の粒子形状が球形で表面も滑らかなため保水性が低いこと、石炭灰中の硫酸塩が影響したことなどが考えられる。

6) 凝結特性は基準配合の始発5.6~6.0時間・終結7.6~8.2時間に対してFA配合が始発7.6~22.3時間・終結10.4~36.0時間となり、凝結時間も基準配合に対して約1.2~8.2倍と、石炭灰添加率に比例して始発・終結とも遅れる結果となった。

7) 圧縮強度は石炭灰添加率が増加するにしたがって低下している。引っ張り強度も同様に石炭灰添加率が増加するにしたがって低下している。曲げ強度ではFA添加率30%の場合に基準配合並みの数値が得られ、対圧縮強度比でも基準配合の約1/6~1/7に対し約1/4~1/6と全体に高い傾向を示している。

圧縮強度における石炭灰添加の効果を見ると、FA-45-30は水セメント比では約64%であり、基準配合NC-65-0と比較すると28日強度においては約20%基準配合を上回る値となる。この理由としては、初期材齢では石炭灰による空隙の充填効果、長期的には石炭灰のポゾラン反応が考えられる。

8) 静弾性係数は基準配合並となり、コンクリート標準示方書の標準値を満足している。

4. まとめ

石炭灰を一部置き換え添加することにより強度発現が緩やかになり、水和熱の抑制が期待できる点はマスコンクリート等に有効であるが、長期強度増進の程度は水結合材比や使用材料などの影響により異なると考えられるので試験により把握しておく必要がある。また石炭灰を多量に添加した場合、初期材齢での強度発現はほとんど期待できず、一般構造物に適用する場合は添加量を制限するなどの対策が必要である。

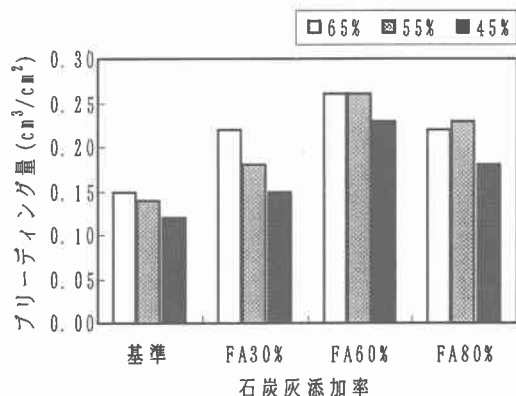


図-1 石炭灰添加率とブリーディング量の関係

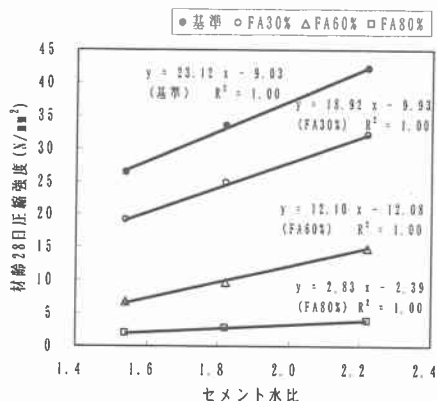


図-2 セメント水比と圧縮強度(28日)の関係

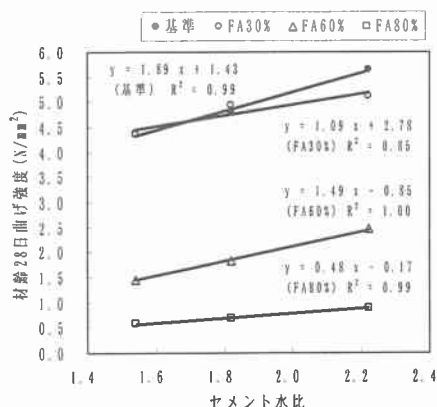


図-3 セメント水比と曲げ強度(28日)の関係