

JIS規格を満足しない石炭灰原粉のコンクリート2次製品への適用に関する研究

ハザマ 正会員 福留和人 中国電力 正会員 斉藤 直 中国電力 正会員 新谷 登
 ランデス 江良弘樹 ハザマ フェロー会員 喜多達夫

1. はじめに

石炭火力発電所の増加に伴い副産される石炭灰の発生量が増大する状況にあり、その有効利用の拡大が重要な課題となっている。有効利用拡大を背景として JIS 規格が改訂されコンクリート用フライアッシュの品質の範囲が拡大されたが、分級しない石炭灰原粉ではこれらの規格を満足しないものを多く発生する発電所も存在する。本研究では、JIS 規格を満足しない石炭灰原粉のコンクリート2次製品への適用を図ることを目的に実験的検討を加えた。

表-1 コンクリートの基本配合

配合 種類	W/C (%)	s / a (%)	単位量 (k g / m ³)				
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 減水剤
流込み	45.7	42.0	160	350	763	1091	2.80
即脱	39.0	60.0	110	280	1155	801	2.10

表-2 使用材料

材 料	種 類	仕 様
セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.16 g/cm ³
石炭灰 原粉	中国電力 水島火力産	密度 2.19g/cm ³ 強熱減量 13.4% 活性度指数 84%(28 日)
細骨材	山砂岡山県高梁産	密度 2.56 g/cm ³
粗骨材	岡山県上房産	5 号砕石密度 2.67g/cm ³
	岡山県高梁産	6 号砕石密度 2.61 g/cm ³
混和剤	高性能減水剤	メラミン系

2. 対象コンクリート

対象とする製品は、無筋の積みブロックとし、コンクリートは、有スランプで振動締固めを行う配合（流込み配合）および即時脱型工法による配合（即脱配合）の2種類とした。基本となるコンクリートの配合を表-1 に、使用材料を表-2 に、コンクリートの要求性能および養生条件を表-3 に示す。ここで、即脱配合では、6 号砕石のみを使用した。流込み配合では、5 号と 6 号砕石を 7:3 の割合で混合使用した。

3. 室内試験による配合選定

3.1 配合の基本的考え方

単位結合材量は、基本配合と同一とし、セメントの一部を石炭灰原粉（以下、石炭灰と呼ぶ）で置換した。このとき、石炭灰の多量使用およびセメント置換による強度低下を考慮して、細骨材の一部も石炭灰で置換して実質上の結合材量を増加した配合とした。

表-3 コンクリートの要求性能および養生条件

項目	流込み配合	即脱配合
スランプ (c m)	8.0±2.0	—
空気量 (%)	2.0±1.0	—
設計基準強度	20 N/mm ² (材齢 14 日)	20 N/mm ² (材齢 7 日)
脱型強度	5.0 N/mm ² (材齢 4 時間)	
養生 条件	練置き	1 時間
	養生温度	蒸気養生 6 5℃ (昇温 30 分)
	養生時間	4 時間 (蒸気養生)

3.2 流し込み配合の選定

石炭灰の細骨材に対する置換率を 35%とし強度発現性からセメント置換率を選定することとした。ここで、所要のスランプが得られるように高性能減水剤添加率および単位水量の調整を行った。セメント置換率を 5、10 および

表-4 コンクリートの配合（流込み配合）

W/(C+F) (%)	s / a (%)	石炭 灰置 換率 (%)	単位量 (k g / m ³)					
			水 W	セメント C	石炭 灰 F	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 減水剤
40.2	38.0	5	190	332	141	515	1113	5.44
		35						
		10	160	315	158	513	1108	5.44
		35						
		15	110	297	175	510	1105	5.68
		35						

*)石炭灰置換率 上段：セメントに対する置換率(%）、下段：細骨材に対する置換率(%)

キーワード：石炭灰原粉、J I S 規格、コンクリート2次製品、即時脱型工法、初期強度

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間字西向 515-1 tel:0298-58-8814 fax:0298-58-8819

15%に変化させて強度発現性を調べた。供試体は、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ とし、小型の蒸気養生槽を用いて養生を行った。練上り温度は、 20°C とした。図-1 および図-2 に初期材齢および 14 日における石炭灰置換率と圧縮強度の

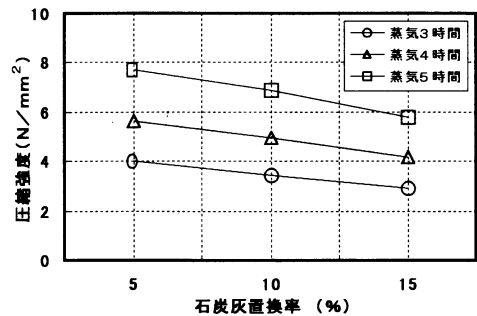


図-1 石炭灰置換率と圧縮強度の関係

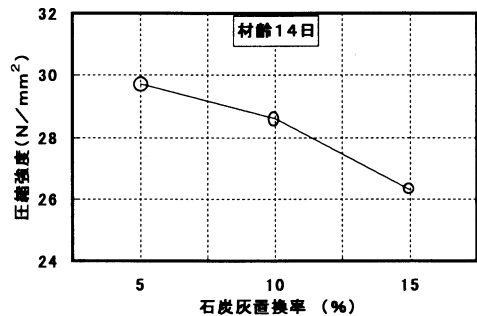


図-2 石炭灰原粉置換率と圧縮強度の関係

関係を示す。初期材齢および設計材齢とも石炭灰置換率の増大とともに圧縮強度は、ほぼ直線的に低下する傾向が見られる。これらから、石炭灰置換率 10%で要求品質を満足する結果が得られた。

3.3 即脱配合の選定

石炭灰の細骨材に対する置換率を 25%、セメントに対する置換率を 15%として、細骨材率および単位水量がブロックの成型性に及ぼす影響を調べた。成型性は、ブロック表面の外観および充填率（ブロックの質量および示方配合から算定）によって判定した。図-3 に単位水量 130 kg/m^3 の場合の細骨材率と充填率の関係を示す。大きな差ではないが、細骨材率 52%程度で最も充填率が高くなった。次に、細骨材率を 52%として、単位水量を変化させて成型性に及ぼす影響を調べた。単位水量を 120 kg/m^3 とすると充填率は若干低下するがブロックの表面外観が向上した。

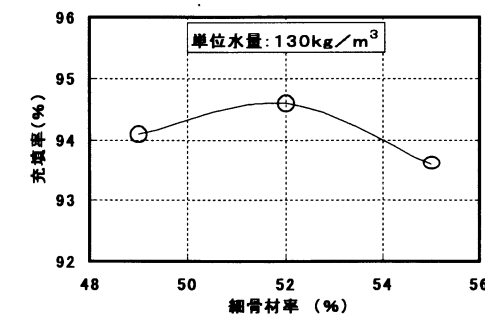


図-3 細骨材率と充填率の関係

4. 実機による性能確認

3. の検討結果から流込み配合は、石炭灰置換率 10%とし、即脱配合は、表-5 に示す配合を選定し、実機により性能の確認を行った。圧縮強度は、ブロックから採取したコア供試体により測定した。

表-5 コンクリートの配合（即脱配合）

W/(C+F) (%)	s / a (%)	石炭灰置換率 (%)	単位量 (kg / m³)					
			水 W	セメント C	石炭灰 F	細骨材 S	粗骨材 G	高性能減水剤
34.3	52.0	10	120	252	98	901	924	2.63
		25						
		15	120	238	112	898	922	2.63
		25						

*)石炭灰置換率 上段：セメントに対する置換率(%）、下段：細骨材に対する置換率(%)

表-6 に性能確認試験結果を示す。脱型時および設計材齢とも要求品質を満足する結果が得られた。また、表面性状も良好であり、適用性は十分高いことが確認された。ただし、流込み配合では、粘性が高くなることから作業性の低下が見られた。

5. まとめ

今回の検討の結果、JIS 規格を満足しない石炭灰原粉でも 2 次製品への適用性は、十分高いことが確認された。また、コスト試算の結果、コスト低減が可能であることが確認された。Ⅲ、Ⅳ種フライアッシュも含めてその有効利用を進める上で有効な手段となりうるものと考えられる。

今後、長期耐久性の検証、作業性を考慮したコンシステンシーの検討等を進め、実用化を図って行きたいと考えている。

表-6 実機による性能確認試験

配合種類	石炭灰置換率 (%)	圧縮強度 (N/mm²)	
		蒸気養生 4 時間	設計材齢
流込み	10	9.86	31.5 (14 日)
	25		
即脱	10	5.68	28.0 (7 日)
	25		
	15	6.47	32.7 (7 日)
	25		

*) 石炭灰置換率 上段：セメントに対する置換率(%)
下段：細骨材に対する置換率(%)