

石炭灰原粉の吹付けコンクリートへの適用可能性の検討

東京電力ホールディングス(株) 正会員 ○安田 浩二
東京電力ホールディングス(株) 正会員 鬼東 俊一
安藤ハザマ 正会員 坂本 守
安藤ハザマ 正会員 齋藤 淳

1. 目的

火力発電所から発生する石炭灰は、早急に埋立て処分やセメント原料以外の安定した有効利用先を確保することが必要である。一方で、石炭火力発電所の建設計画により、石炭灰の発生量は今後増加する可能性が高い。そこで、石炭灰の有効利用方策の一つとして、トンネル吹付けコンクリートを適用対象として石炭灰原粉の適用性について検討を行った。

2. 室内試験での検討

2.1 使用した石炭灰の品質

室内試験で使用した石炭灰は原粉 3 種類であり、品質試験結果を表-1 に示す。石炭灰の品質は c 灰の強熱減量が JISⅢ種相当、材齢 28 日の活性度指数が 3 種類とも JISⅣ種相当である以外は全て JISⅡ種相当の値であった。

2.2 石炭灰の適用ケース

配合試験は、表-2 に示すように細骨材の 10、20%を内割り置換する配合とし、ケース B では細骨材内割り 10%に加えセメントの内割り 10%置換も加えた。また石炭灰添加によるコンクリートの粘性増加の影響を考慮し、目標スランプは 18cm に設定した。また、単位水量は固定し、スランプは高性能減水剤の添加率で調整した。

2.3 試験結果

図-1 に示すように、各配合で同じ高性能減水剤添加率で練り混ぜた場合、スランプが同等であっても石炭灰添加率の増加に伴い粘性は増加していることが観察された。また、今回使用した 3 種類の石炭灰ではフレッシュ性状に品質による顕著な傾向はなくほぼ同等のスランプであった。よって、c 灰を使用してケース C の細骨材内割り置換率 20%の添加率で実機による吹付け試験を実施することとした。

3. 実機吹付け試験

ケース C および比較用として同じ単位水量と水セメント比の通常の吹付けコンクリートの配合 D で、模擬トンネルでの実機吹付け試験（湿式）を実施した。吹付け試験で使用する材料と示方配合を表-3、4 に示す。

実機吹付け試験時の条件と施工性の結果を表-5 に示す。石炭灰 20%配合は無添加のコンクリートに比べ粘性が高くなることから、コンクリートポンプの吐出圧を上げて対応したことにより、コンクリートの吐出量はキーワード 石炭灰原粉、吹付けコンクリート、スランプ、リバウンド率、

連絡先 〒100-8560 東京都千代田内幸町 1 丁目 1 番 3 号 東京電力ホールディングス株式会社 TEL 03-6373-4241

表-1 石炭灰品質試験結果

試験項目	a	b	c
湿 分(%)	0.09	0.04	0.04
強熱減量(%)	3.09	4.77	5.04
メチレンブルー吸着量(mg/g)	0.59	1.25	1.60
密 度(g/cm ³)	2.15	2.18	2.17
45μm ふりい残分(%)	16	18	21
比表面積(cm ² /g)	3,760	3,950	4,200
フロー値比(%)	98	97	97
活性度指数【材齢28日】(%)	78	79	78

表-2 石炭灰添加条件

配合	A	B	C
細骨材置換率 (%)	10	10	20
セメント置換率 (%)	—	10	—

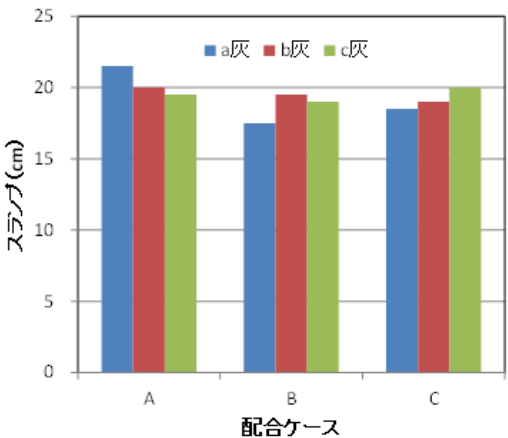


図-1 スランプの比較

1割程度多くなっているが、吹付け作業は石炭灰を20%添加したケースC配合も問題なく順調に実施することができた。また、吹付け時の観察でも付着性および硬化性は概ね良好であった。

リバウンド率は、通常配合Dに比べ石炭灰を添加した配合Cは約1/4と大幅に低下しており、吹付け時の目視観察でもリバウンドが少なく付着性が高いことが確認できていた。これは、コンクリートの粘性が増加したことによる効果と考えられる。

一方、吹付け時間中の平均値で示した粉じん濃度は石炭灰を20%添加した配合Dの方が若干高くなったが、これは粘性の高いケースC配合を吹くためにコンクリートの吐出圧を高くしたとが影響したものと考えられる。

また、圧縮強度は、24時間後のプリアウト試験およびコア強度などもいずれも設計基準強度(18N/mm²)を十分に確保できていた。

4. まとめ

本試験により、下記のことが確認された。

- ①今回使用した石炭灰原粉の品質範囲では、吹付けコンクリートに細骨材の20%まで内割り添加しても石炭灰品質の差は認められなかった。また、目標スランプを18cmで管理することで、吹付けコンクリートとしても適用可能な性状であった。
- ②石炭灰の添加によって、コンクリートの粘性が向上した効果により、リバウンド率は大幅に低減する可能性がある。一方、粉じん濃度はコンクリートの吐出圧を上げたことで石炭灰を添加した配合のほうが若干高くなった。

本試験により、吹付け時のスランプ等の性状を管理することで、石炭灰原粉を細骨材の内割り20%（単位量約200kg/m³）程度の配合も吹付けコンクリートに適用できる可能性があることが確認できた。今後は、より適切な性状となる配合条件を検討していく必要である。

表-3 使用材料

使用材料	仕 様	備 考
石炭灰	石炭灰原粉	広野火力発電所産
セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm ³
水	上水道水	新潟県糸魚川市
細骨材	糸魚川市産姫川水系砂	表乾密度 2.61g/cm ³
粗骨材	糸魚川市産6号碎石(5~13mm)	表乾密度 2.68g/cm ³
混和剤	急結剤	カルシウムアルミネート系
	粉塵低減材	水溶性高分子化合物
	高性能減水剤	ポリエチレングリコール系



写真-1 ケースCの吹付け状況

表-4 各ケースの示方配合

ケース	スランプ (cm)	水セメント 比 (%)	水粉体比 (%)	細骨材 置換率 (%)	細骨 材率 (%)	単位量(kg/m ³)						
						水 W	セメント C	FA	細骨 材 S	粗骨 材 G	粉塵 低減剤	高性能 減水剤 (C×%)
C	18±2.5	56.4	36.4	20	60.0	203	360	197	789	681	0.1%	1.6
D	12±2.0	56.4	56.4	—	60.0	203	360	—	1018	681	0.1%	0.3

表-5 吹付け試験時の条件と施工性結果

ケース	現着 スランプ (cm)	コンクリート ポンプ吐出圧 (MPa)	コンクリート 圧送流量 (Nm ³ /min)	急結剤 添加率 (C×%)	プリアウト 試験 (N/mm ²)	コア強度 (N/mm ²)	ベースコンクリート 強度 (N/mm ²)	リバウンド率 (%)	粉じん濃度 (mg/m ³)
C	19.5	9.5	16.1	6.7	17.1	39.4	38.9	6.7	3.2
D	12.5	5.5	18.3	7.3	17.6	38.5	36.1	24.5	2.8

※プリアウト試験は材齢24時間、コアおよびベースコン強度は材齢28日での値