

V-488

石炭灰原粉を用いたトンネル吹付けコンクリートの試験施工

中国電力	土木部	正会員	澄川 健
日本道路公団	中国支社		寺本丈夫
中国電力	土木部	正会員	齊藤 直
中国電力	土木部	正会員	樋野和俊
奥村組	技術研究所	正会員	松田敦夫

1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰を比較的大量に山岳トンネルの吹付けコンクリート材料として適用することを目的とした試験施工で得られた知見について紹介する。今回使用した石炭灰は燃焼後に集塵したままの原粉の中でも混和材として最も低品質のものである。地山への付着や支保性能に吹付け後の早期の強度が必要とされる吹付けコンクリートには不向きであると思われたが、適用の可能性があることが確認できた。

2. 試験概要

試験に使用した石炭灰原粉は、強熱減量 10.1%、活性度指数 64.1%と JIS A 6201 のコンクリート用フライアッシュに比べて低品質のもので、コンクリート混和材とすると単位水量は大きく増えることとなる。標準的な吹付けコンクリートの配合の基準配合において、セメントの 50%を石炭灰で置換すると単位水量は 18kg 増加する。今回の検討では石炭灰をなるべく大量に使用することを目的として、石炭灰はセメントと細骨材の一部を置換することとし、表 1 に示す 4 種類の配合による試験を行った。配合 B~D は使用する

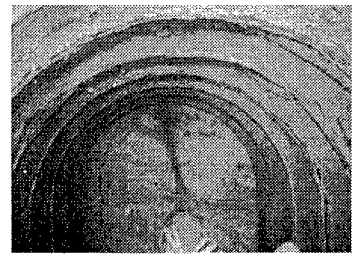


写真 1 試験状況

石炭灰とセメントの総量が多く、粘性が高くなることからコンクリートのコンシステンシーは基準配合と大きく異なり、施工性を考慮して

表 1 配合と使用材料

	W/B %	s/a %	単位量 kg/m ³						空気量 %	スランプ cm	空気量 %	コンクリート 温度℃
			W	C	FA	S	G	Sp				
基準	59	62	213	360	—	1017		—		9.0	2.4	10.5
A	67	58	241	180	180	883		—		16.0	1.4	10.0
B	62	43	333	180	360	464	656	—	3	23.0	1.1	6.0
C	56	49	290	260	260	602		—		21.5	1.0	5.0
D	45	51	250	280	280	664		4.2		23.0	2.0	6.0

使用材料 セメント: 普通ポルトランドセメント 比重 3.16 石炭灰: 水島発電所産 比重 2.2
 細骨材: 陸砂・加工砂混合 比重 2.55 粗骨材: 出雲産碎石最大寸法 15mm 比重 2.66
 混和剤: ポリカルボン酸系 急結材: カルシウムアルミネート系

スランプを 21~23cm とした。

試験は道路トンネルの先進導坑一次覆工において通常より 10cm 余掘を行い、余掘部分の地山に吹付けるという方法で実施した。吹付け機の設定は同一であるが、急結材の添加量は吹き付けられたコンクリートの状態により調整した。施工は 2 月初旬に実施したため、コンクリート温度、気温は表 1、3 に示すような厳しい条件であった。表 2 に試験項目を示す。初期圧縮強度の試験体はトンネル外部の倉庫で保管し、気温とほぼ同じ養生温度とした。跳ね返り率の測定はトンネル断面全体で行い、吹付け時間から算定した吹付け量と跳ね返り量の比から求めた。

表 2 試験項目

吹付けコンクリート	圧縮強度	JIS A 1108
	初期圧縮強度	JHS 701,702
	圧縮強度	JHS 703, JIS A 1107
	跳ね返り率	跳ね返り量/吹付け量

表 3 施工結果

	気温 ℃	吐出速度 m ³ /h	急結材量 kg/m ³	跳ね返り率 %
基準	8.0	6.8	23	18.1
A	4.0	7.4	36	17.7
B	-2.0	7.7	39	17.4
C	-2.0	7.9	33	18.4
D	2.0	6.6	40	10.6

キーワード: 石炭灰、吹付けコンクリート、スランプ、強度、跳ね返り率

連絡先: 中国電力欄土木部(〒730-8701 広島市中区小町 4-33 TEL:082-242-5884 FAX:082-242-5989)

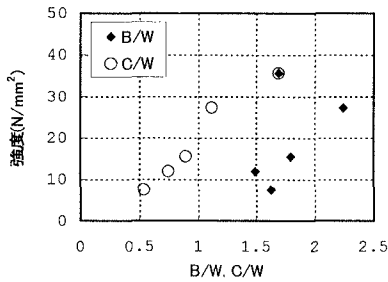


図1 強度とB/W,C/Wの関係(σ_{28})
(ペースコンクリート)

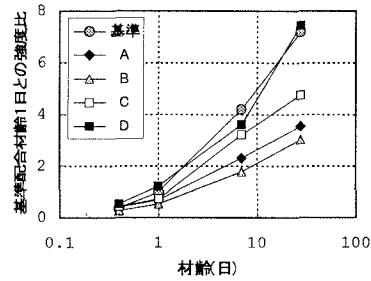


図2 材齢と強度の関係
(吹付けコンクリート)

3. 実験結果

図1にペースコンクリートの強度とセメント水比(C/W)、結合材水比(B/W)の関係を示す。この結果では、石炭灰の強度への寄与率が低く、強度の設定は水セメント比で行うことができることがわかる。

図2にブルアウト法による材齢6,24時間とコアの圧縮試験による材齢1,4週の強度を示す。初期強度については、基準配合に比べて単位水量の多い配合A～Cは低強度になるが混和剤によりスランプ調整した配合Dは基準配合を上回る結果となった。初期強度は養生温度が大きく影響するが、配合B,Cのコンクリート温度は低く実際には基準配合相当が期待できると考えられる。材齢1,4週の強度は配合A～Cが基準配合に比べて小さいのに対し、配合Dは基準配合と同等な強度となっている。図3に示すペースコンクリートと吹付けコンクリートの強度比の関係から、基準配合では吹付けコンクリートがペースコンクリートに対して3/4に低下するのに対し、石炭灰を用いた配合では吹付けコンクリートの方が大きくなっており、特に長期強度の増進傾向が見られる結果となった。

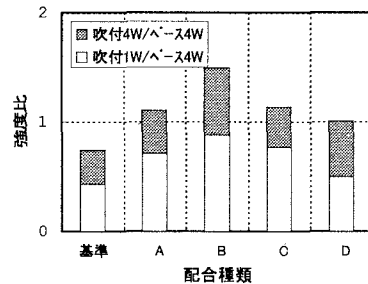


図3 ペースコンクリートと吹付けコンクリートの強度比

表3の施工結果によれば、基準配合と比べて配合A～Cはコンクリート吐出量が大きくなっており、配合Dもほぼ同等な値となっているなど施工性に問題のないことがわかる。跳ね返り率は配合A～Cと基準配合がほぼ同じであったのに対し、配合Dでは明らかに少なくなる傾向が見られた。

4. まとめ

JIS規格に適合するフライアッシュに比べて品質の劣る石炭灰原粉を混和材料として吹付けコンクリートに使用した試験施工により次のことが明らかになった。

- 1) 石炭灰を大量に使用したコンクリートは塑性粘度が大きく、通常のコンクリートとコンシステンシーは異なるが、吹付け機での施工性や地山への付着性は良く、配合選定により跳ね返りを抑制できる。
- 2) 単位水量の増加で必要なスランプを確保する配合ではペースコンクリートの強度低下が大きい。混和剤を少量使用してセメント水比を1以上にすれば初期強度、4週強度に必要な圧縮強度が得られる。
- 3) 石炭灰を使用した場合、吹付けコンクリートの材齢4週強度はペースコンクリートの値を上回っていることから、前項のペースコンクリート強度が得られる配合を選択すれば、吹付けコンクリートにおいても材齢4週で一般的な規準値とされる18N/mm²が達成できると考えられる。
- 4) 今回の試験は中国電力において品質の最も悪い石炭灰を使用した結果であり、一般的な強熱減量3%程度の石炭灰を活用すれば、吹付けコンクリートの性状はより改善されるものと考えられる。