

3種類の石炭灰原粉を用いた湿式吹付けコンクリートの特性

奥村組 正会員 西田啓二 村田和郎 正会員 西江寛次
 奥村組 正会員 松田敦夫 正会員 井上直樹 正会員 清水顕誠
 中国電力 正会員 齊藤 直 正会員 安野孝生

1. はじめに

石炭火力発電所から発生し集塵したままの石炭灰原粉は湿式および乾式吹付けコンクリート材料として利用可能である¹⁾²⁾。湿式吹付けではベースコンクリートの推定強度と吹付け後の強度発現率から各材料の単位量を求める配合設計手法を提案している³⁾が、データが少ない。本報告では、トンネル現場で実施した試験施工の強度特性をまとめた。

2. 試験概要

試験は内空断面 65m² の道路トンネルの一次覆工と坑外のモデル壁に対して実施した。ベースコンクリートの配合と使用材料を表1に示す。通常使用している普通セメント単味で単位セメント量 360kg/m³ の配合 A を基準として、セメントと細骨材の一部を石炭灰で置き換えた。使用した石炭灰は算出発電所の異なる MS, MZ, ON の3種類で、配合 F と配合 G は MS と MZ を混合した。石炭灰の品質を表2に示す。MS, ON は JIS A 6201 に規定される「コンクリート用フライアッシュ」種に相当し、MZ は強熱減量が大きいため規格外である。ベースコンクリートはスランプが 10cm となるように単位水量を試験練りにより決めた。配合 I は配合 B, J と単位水量が同じになるよう減水剤で調整している。コンクリートは生コンプラントで製造した。試験項目を表3に、日時と条件を表4に示す。

表2 石炭灰の品質

発電所	NS	MZ	ON	
強熱減量 %	3.20	15.20	1.60	
密度 g/cm ³	2.35	2.13	2.32	
ブレンド比表面積 cm ² /g	3220	3580	5210	
70-値比 %	109	77	112	
活性度指数 28/91	83/96	78/90	91/103	
メレンジャー吸着量 mg/g	0.58	1.95	0.24	
化学成分 %	Fe ₂ O ₃	5.88	4.09	4.60
	CaO	3.25	3.53	6.78
	MgO	1.13	1.01	1.81

表3 試験項目

	試験名	方法
ベース	スランプ	JIS A 1101
	空気量	JIS A 1128
	圧縮強度	JIS A 1108
吹付け後	ブルアウト強度	JHS 701,702
	コア圧縮強度	JHS 703, JIS A 1107
	跳ね返り率	吹付重量と跳返重量

表4 試験日時と条件

	年月	吹付け場所	平均気温	地山表面温度
坑内	01.5	一次覆工	22	22
モデル壁	01.6	直立壁	27	-

表1 配合と使用材料

配合 No.	石炭灰種類	粉体量 kg/m ³	W/B %	s/a %	単位量 kg/m ³						急結材 kg/m ³	コンクリート温度 5月と6月
					W	C	CA	S	G	Sp		
A	なし	360	56	62	202	360	-	1127	692	-	30	21 -
B	MS	360	55	62	198	280	80	1109	692	-	30	- 29
C	MS	320	64	62	204	240	80	1127	692	-	24, 30	- 30
D	MS	400	49	61	196	280	120	1066	692	-	18, 21, 24, 27, 30	21 29
E	MS	440	45	59	198	280	160	1012	692	-	18, 24, 30	18 28
F	MS:MZ=2:1	400	52	60	207	280	120	1037	692	-	30	- 30
G	MS:MZ=1:2	400	55	59	218	280	120	1007	692	-	30	- 31
H	MZ	400	58	59	230	280	120	975	692	-	30	- 28
I	MZ	400	49	61	196	280	120	1066	692	4.4	30	21 29
J	ON	400	49	61	196	280	120	1071	692	-	30	- 30

セメント[C]: 普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm³

石炭灰[CA]: MS 三隅発電所産 MZ 水島発電所産 ON 新小野田発電所産 (配合計算上の)密度 2.2g/cm³

細骨材[S]: 知和産砕砂北条産陸砂混合 密度 2.67g/cm³ 粗骨材[G]: 弓削産砕石 密度 2.66g/cm³ 最大寸法 15mm

混和剤[Sp]: ホリクリール誘導体 急結材: カソウムアルミネート系

キーワード: 石炭灰、湿式吹付けコンクリート、強度、配合、混和材料

奥村組技術研究所 〒300-2612 つくば市大砂 387 TEL:0298-65-1521 FAX:0298-65-1522

3. 結果

図1に坑内試験の材齢と強度の関係を示す。セメント単味の配合Aに比べて石炭灰配合は材齢24時間ではわずかに低いが、材齢4週では上回り13週で14~24%高くなっている。

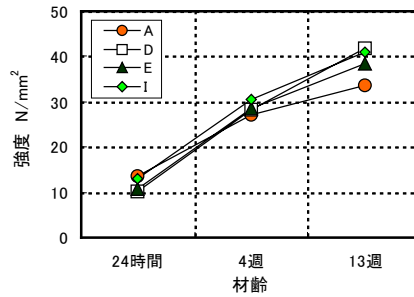


図1 強度発現性状

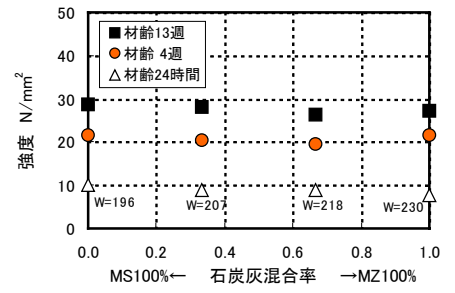


図2 石炭灰混合比と強度の関係

図2にMSとMZの混合率と強度の関係を示す。一般的にMZの比率が増えると強度が低くなっている。とくに材齢24時間では顕著である。これはベースコンクリートのスランプを一定にするためMZが増えるに従い単位水量が増えていることが主な原因と考えられる。しかし、図3に示すように単位水量を同じにした場合では石炭灰種類により強度は異なり、MZが最も大きくなっている。これは石炭灰の品質の違いに起因するポゾラン活性の差で、乾式吹付けの場合⁴⁾と一致している。比表面積とFe₂O₃が目安と考えら

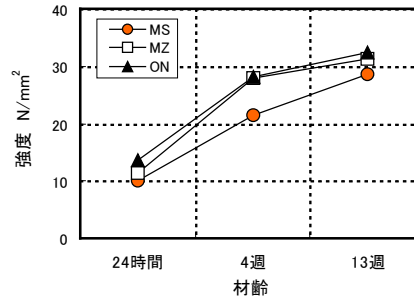


図3 石炭灰種類(単位水量同一)と強度の関係

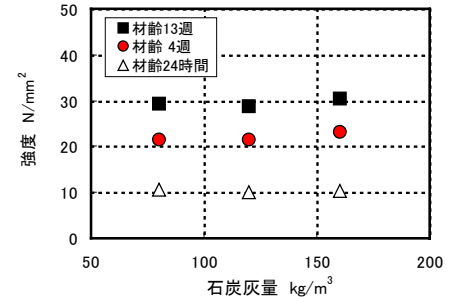


図4 単位石炭灰量と強度の関係

表5 坑内試験の跳ね返り率

配合	跳ね返り率 %	
	壁	アーチ
A	19	17
D	17	-
E	14	17
I	16	16

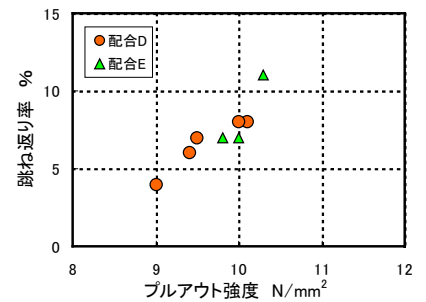


図5 初期強度と跳ね返り率の関係

れる。図4に単位石炭灰量と強度の関係を示す。80~160kg/m³の範囲で、単位石炭灰量は初期強度の増加に対して効果はほとんど認められないが、長期強度には増加傾向がみられる。

表5に坑内の一次覆工の跳ね返り率を示す。壁部は石炭灰配合の方が2~5%少ないが、アーチ部では同等であった。図5にモデル壁における材齢24時間強度と跳ね返り率の関係を示す。これは同一のベースコンクリートに対して急結材添加量を変えた結果であるが、強度が大きいと跳ね返り量が多くなっている。表5の結果を考慮するとトンネル全周の吹付けに関して初期強度の低いケースの跳ね返り量が少なくなることはないが、高すぎると跳ね返り量は大きくなると考えられる。

4. まとめ

石炭灰原粉を使用した湿式吹付けコンクリートは初期および長期強度、付着性能とも問題はなくセメント単味の通常配合と比較して同等以上の性能を有し実用可能であることを再確認した。石炭灰の品質により吹付け後の強度は変動する。その最大の要因はスランプを一定とした場合のベースコンクリートの単位水量の増減であるが、化学成分や粒径も考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 飯島他「石炭灰原粉を用いた吹付けコンクリートのモデル試験施工」土木学会第55回年次学術講演会 -213, 2000.9
- 2) 佐々木他「石炭灰原粉を用いた乾式吹付けコンクリートの現場施工」土木学会第56回年次学術講演会 -247, 2001.10
- 3) 松田他「石炭灰原粉を用いた吹付けコンクリートの配合選定」土木学会第55回年次学術講演会 -212, 2000.9
- 4) 安野他「石炭灰原粉を用いた乾式吹付けコンクリートの試験施工」土木学会第56回年次学術講演会 -246, 2001.10