

石炭灰を用いた高強度吹付けコンクリートの施工性に関する検討

中部電力(株)電力技術研究所	正会員	佐藤	正俊
中部電力(株)徳山水力建設所		松下	政史
中部電力(株)火力部		富田	雅美
飛島建設(株)建設事業本部	正会員	○平間	昭信
飛島建設(株)名古屋支店		葛野	靖史

1. はじめに

山岳トンネルの吹付けコンクリートでは、有効利用の観点から進められてきた石炭灰（フライアッシュ）の効果が認められ、適用実績は増加している。このような中、最近の動向としては、吹付けコンクリートを高強度化することにより吹付け厚を薄くして掘削量や材料使用量を低減し、施工時間の短縮やコスト低減の取り組みが行われている。しかし、高強度吹付けコンクリートへの石炭灰の適用性について、検討された事例はほとんどない¹⁾。

本報告は、高強度吹付けコンクリートへの石炭灰の適用性について、石炭灰の置換率を実験要因として、ポンプ圧送性や粉じん、はね返り率などの施工性に關する検討を実施した結果を取り纏めたものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料と配合

使用した材料を表-1 に、実験に用いた配合を表-2 に示す。

(2) 実験条件

実験は、水力発電所建設の放水路トンネル（掘削断面積 36.16m^2 、図-1 参照）工事区間の一部にて実施した。吹付けシステムはスラリーショットシステムを用い、コンクリート吐出量は $12\text{m}^3/\text{h}$ に設定した。

(3) 試験項目

1) 粉じん

ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン

に準拠して実施した。測定は、吹付け箇所から 50m の中央において、地面から 1.5m の位置で光散乱式粉じん測定器にて測定した。

2) はね返り

はね返り量の測定は一次吹付け、支保工建て込み後に実施した。
はね返り量測定のための吹付けの量は 1.0 m^3 とし、トンネル断面
片側の範囲に吹付けを行い、そのはね返りの質量を測定した。

3) 目視評価

6名の評価員により、粉じん、はね返り、付着性状などの施工性を目視により5段階評価（高い評価点ほど良好な施工性）した。また、吹付け空気流量などの施工データをモニタリングを行った。

表-1 使用材料

材料種別	記号	名称または産地、諸元
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.15 g/cm ³
水	W	水道水
細 骨 材	S	水力発電所建設地点骨材ブランド産砕砂, 密度 2.84 g/cm ³ , FM 2.73
粗 骨 材	G	水力発電所建設地点骨材ブランド産砕石, Gmax 15mm, 密度 2.89 g/cm ³
石炭灰	FA	中部電力(株)碧南火力発電所産, 密度 2.29 g/cm ³ , 比表面積 3,340cm ² /g
高性能減水剤	Ad	ポリエチレングリコール系
急結剤	Ac	カルシウムサルフォアルミネート系

表-2 吹付けコンクリート配合

No	FA 置換率		SL (cm)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
	セメント (wt%)	細骨材 (wt%)				W	結合材		細骨材		G	Ad	Ac
							C	FA	S	FA			
I	0	0	20	42	60	189	450	0	1087	0	738	3.8	45
II	15						1074	0	725	2.9			
III		5					382	68	1010	53	728	2.9	

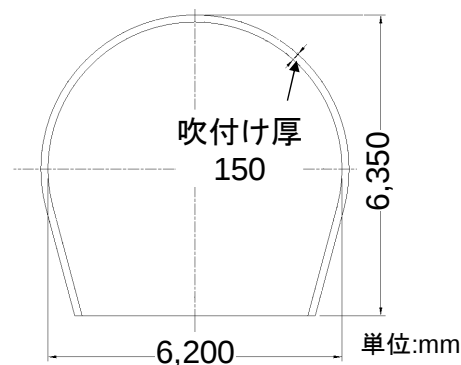


図-1 放水路トンネル掘削断面図

キーワード：山岳トンネル、吹付けコンクリート、石炭灰、施工性、粉じん、はね返し

連 絡 先 : 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F 飛島建設(株)建設事業本部 TEL: 044-829-6717

3. 実験結果

(1) 粉じん濃度

定常状態と判断された状態での粉じん濃度の測定結果を図-2に示す。石炭灰を用いないケースⅠ（標準配合）の平均値 5.22mg/m^3 を1.0とすると、ケースⅡ（セメント置換率15%）が0.90、ケースⅢ（セメント置換率15%、細骨材置換率5%）が0.88であった。実験を実施した放水路トンネルの掘削断面積が 36m^2 程度の小断面であったことから、粉じん濃度が 5mg/m^3 程度と高い値での評価であったが、高強度吹付けコンクリートにおいても石炭灰を用いることにより、吹付けコンクリートの発生粉じんを低減することが確認された。

(2) はね返り率

はね返り率（はね返り材重量／吹付け材全量）の測定結果を図-3に示す。石炭灰を用いないケースⅠ（標準配合）の平均値19.1%を1.0とすると、ケースⅡが0.84、ケースⅢが0.63であった。今回の実験では、一次吹付けを施工した後での測定であったため、はね返り率の値としては小さい結果であったが、石炭灰を用いることにより、吹付けコンクリートのはね返り量が低減できることが確認された。

このことは、石炭灰はセメント、細骨材より密度が小さいこと、細骨材よりも粒径が小さいものが多いことから、置換する石炭灰の量が多いほどペースト体積が増加することや、粘性が増加することにより起因すると考えられる。

(3) 目視評価点

石炭灰を用いないケースⅠ（標準配合）を基準（評価点3）とした目視評価の結果を図-4に示す。粉じん濃度、はね返り率の結果が裏付けするように、粉じん発生状況、付着状態は石炭灰によりセメント置換、細骨材置換を行った吹付けコンクリートの方が良好であるとの評価である。脈動状態の評価は、石炭灰を用いた吹付けコンクリートの方が脈動が多く見受けられたとの評価となっているが、圧送効率はケースⅠが75%であったのに対して、ケースⅡが82%、ケースⅢが80%と圧送性には遜色ない結果であった。急結状態は、標準配合のケースⅠと同等の評価であった。

4. まとめ

石炭灰を用いた高強度吹付けコンクリートの施工性に関して、得られた知見を以下に示す。

- 適切な施工条件において、粉じん濃度およびはね返り率は、石炭灰を用いることにより低減が可能である。
- ポンプ圧送性を考慮したコンシステンシーなどを設定することによって、従来の高強度吹付けコンクリートと同等の施工性を有することが確認された。

参考文献

- 尾留川剛，小島亘，白戸伸明，齋藤敏樹：石炭灰（フライアッシュ）の高強度吹付けコンクリートへの適用性，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1637-1642，2006

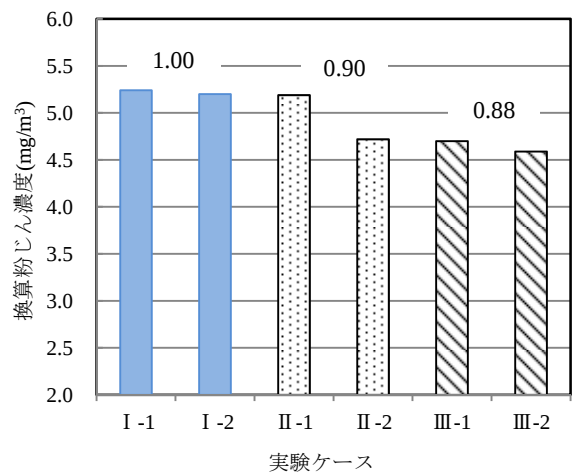


図-2 粉じん濃度測定結果

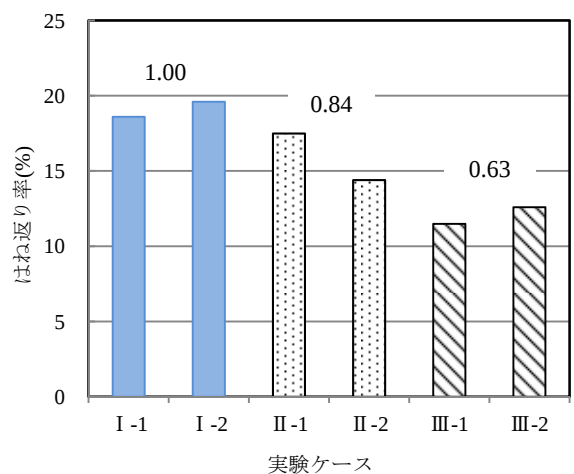


図-3 はね返り率測定結果

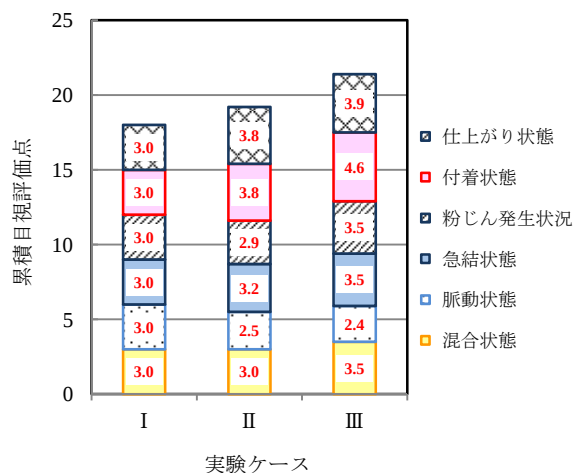


図-4 目視評価の結果