

石炭灰を使用したトンネル吹付けコンクリートの施工性について

中部電力(株) 正会員 ○西野 健三

中部電力(株) 伊藤 隆光

中部電力(株) 末川 勝郎

中部電力(株) 富田 雅美

(株)大林組 正会員 安田 敏夫

1. はじめに

火力発電所の副産物である石炭灰の有効利用と工事費削減を目的として、トンネル工事における吹付けコンクリートに石炭灰を適用する研究が行われ、実際の施工にも適用されている¹⁾。しかし、コンクリート性状は、火力発電炉の形式等による石炭灰の品質の違いや、骨材の産地による品質の違い等により異なる。そのため、吹付けコンクリートの性状は地域により異なると予想される。本報文は、石炭灰を用いた吹付けコンクリートの特性（吹付け性状、圧縮強度、リバウンド率、粉塵量）を実際の施工時に行った吹付け実験により検証し、この適用性についてまとめたものである。

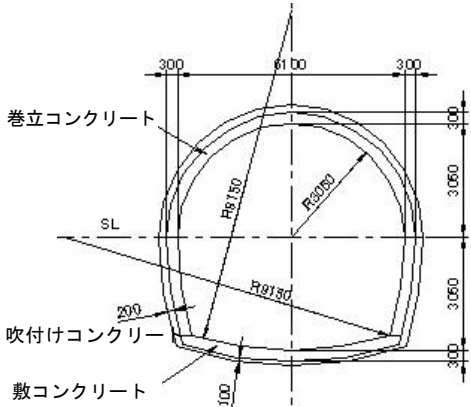
2. トンネル吹付け実験

1) 実験概要

吹付け実験（写真－1）は、断面積約36m²の水路トンネル工事の一次吹付け（吹付け量4.5m³）で行った。水路トンネルの標準断面を図－1に示す。実験項目は、目視による吹付け性状の確認、圧縮強度試験、吹付け時のリバウンド率、および粉塵量の測定である。

2) 実験配合

実験配合を表－1に示す。石炭灰は中部電力(株)碧南火力発電所製の原粉(JISⅡ相当)を使用した。標準配合Nは普通ポルトランドセメントのみを使用し、スランプ10cmとした。配合Aは、セメントの15%（質量）を石炭灰に置き換え、加えて細骨材の一部（54kg/m³）を石炭灰に置き換えた配合である。配合Bは、セメントの30%を石炭灰に置換、配合Cは、セメントの30%に加えて細骨材の一部（54kg/m³）を石炭



図－1 標準断面図



写真－1 吹付け実験状況

表－1 実験配合

配合	スランプ ^o (cm)	水粉体 比 W/P (%)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					水 W	粉体 P		細骨材		粗骨材 G	急結材 360× 7%
						セメント C	石炭灰 F	細砂 S1	粗砂 S2		
N	10±2	59.7	59.7	62.4	215	360	0	205	835	644	25.2
A	12±2	50.2	68.0	60.7	208	306	108	192	776		
B	10±2	57.5	82.1	61.8	207	252	108	200	815		
C	12±2	50.0	82.1	60.3	207	252	162	190	766		

[使用材料] C：普通ポルトランドセメント(3.16g/cm³) F：碧南火力発電所製石炭灰（2.06～2.15 g/cm³）

キーワード 石炭灰，吹付け，圧縮強度，リバウンド

連絡先 〒461-8680 愛知県名古屋市中区東新町1 中部電力(株)土木建築部 技術・企画G TEL052-973-2260

灰に置換した配合である。細骨材の一部を石炭灰に置換した配合A、Cでは、粉体量が多く粘性が増したため、施工性を考慮し、スランプを12cmとした。なお、配合A、B、Cについては、事前に予備吹付け実験を行い、圧縮強度や付着性状に問題なく、安全に施工可能であることを確認した。

3. 実験結果

1) 吹付け性状

吹付け時に施工性（ポンプ圧送性等）および表面仕上げ性（ダレの有無、仕上げ面の平坦性等）を目視で確認した。配合Cのコンクリートのフレッシュ性状は、やや粘性が高いように感じられたが、すべての配合で施工性、表面仕上げ性とも配合Nとほぼ同等であった。

2) 圧縮強度

圧縮強度の目標値は、一般の一次吹付けと同等とし、24 時間強度（プルアウト） 5N/mm^2 、28 日強度（コア） 18N/mm^2 とした。圧縮強度試験結果を表-2に示す。セメント量が少ない配合B、Cでは、24 時間強度がやや低い値となり、また、配合A、B、Cのなかでは粉体量の少ない配合Bの28 日強度がやや低い値となったが、すべての配合において目標値を満足した。

3) リバウンド率

吹付け箇所下面にブルーシートを敷き、全吹付け量(4.5m^3)に対するリバウンドの質量を測定し、リバウンド率を求めた。測定結果を表-3に示す。

配合Nのリバウンド率は22.9%であったが、これは吹付けコンクリートの一般的な数値（20～30%）である。また、石炭灰を混入した配合A、B、Cは、配合Nと同等もしくはそれ以下の数値が得られた。特に総粉体量が多い配合A、Cにおいては、配合Nを10%程度低減する結果となった。これは、細骨材の減少と、粉体量の増加によりコンクリートの粘性が大きくなったためと考えられる。

4) 粉塵量

粉塵量は切羽より50m後方で測定した。測定結果を表-4、図-2に示す。この結果から、石炭灰を混入した配合A、B、Cで粉塵量が少なくなり、その低減量は配合Nの約15%である。

4. まとめ

石炭灰のトンネル吹付け材への適用試験の結果、以下の知見を得た。

- 1) セメント15%置換+細骨材の一部置換、セメント30%置換、セメント30%置換+細骨材の一部置換のすべての配合で標準配合（セメント量 360kg/m^3 ）とほぼ同程度の吹付け性状、強度発現を得ることが確認された。
- 2) 石炭灰を混入したコンクリートは、リバウンド量を同程度もしくは細骨材を石炭灰に置換することで10%程度低減できることが確認された。
- 3) 石炭灰を混入したコンクリートは、吹付け時の粉塵発生量を15%程度低減できることが確認できた。

以上より、吹付けコンクリートにセメントの30%程度石炭灰を使用することが可能であると確認できた。また、細骨材の一部として使用した場合、リバウンドや粉塵が改善される可能性があることが確認できた。

参考文献

- 1) 例えば、山本他：石炭灰を用いた吹付けコンクリートの現場適用について、土木学会第55回年次学術講演会VI, p413-414, 2002

表-2 圧縮強度試験結果

配合	24 時間	28 日
N	15.0 N/mm^2	25.6 N/mm^2
A	14.0 N/mm^2	24.7 N/mm^2
B	12.2 N/mm^2	21.5 N/mm^2
C	12.2 N/mm^2	24.4 N/mm^2

表-3 リバウンド率測定結果

配合	リバウンド率	Nとの比率
N	22.9 %	—
A	19.5 %	0.85
B	22.6 %	0.99
C	20.4 %	0.89

表-4 粉塵量測定結果

配合	最大粉塵量	Nとの比率
N	5.4 mg/m^3	—
A	4.5 mg/m^3	0.83
B	4.6 mg/m^3	0.85
C	4.5 mg/m^3	0.83

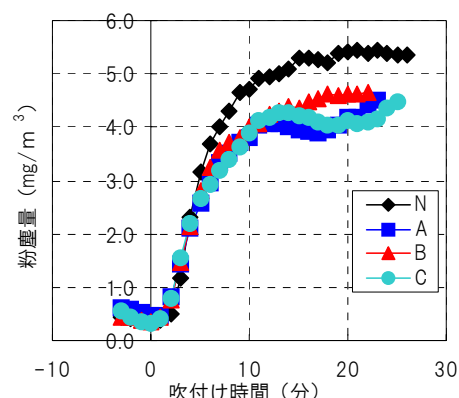


図-2 粉塵量測定結果