

石炭灰のトンネル吹付けコンクリートへの適用

碧南火力発電所産石炭灰を配合した吹付けコンクリートの性能検証

Application of Coal Ash to Tunnel Shot Concrete

Performance Verification of Shot Concrete Containing Coal Ash from the Hekinan Thermal Power Plant

(土木建築部 技術・企画G)

火力発電所の副産物である石炭灰を有効利用するため、トンネル工事における吹付けコンクリートへ混合する研究を行った。本研究では、碧南火力発電所産石炭灰を実際のトンネル工事の吹付けコンクリートに使用して、その適用性について検討した。

(Engineering Research Group, Civil and Architectural Engineering Department)

Coal ash is a by-product of a thermal power plant.

A study was done into the practical use of coal ash in shot concrete for tunnel construction. The results of research using Hekinan thermal power plant coal ash in shot concrete are reported below.

1 目的

石炭灰の品質は使用する石炭の種類や火力発電炉の形式等により変化し、コンクリートに使用する骨材等も地域により異なる。このため、トンネル工事における吹付けコンクリートへ石炭灰を利用する場合、品質等を事前に確認する必要があり、碧南火力発電所産石炭灰を用いた吹付けコンクリートの施工性を実施工により検証した。

2 試験概要

(1) 実験概要

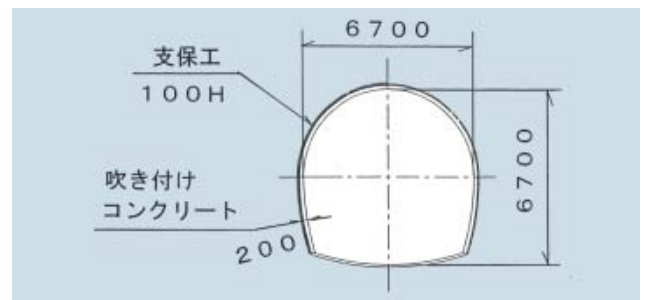
吹付け実験は当社名倉水力発電所の水路トンネル工事の一次吹付けで行った(写真1)。



写真1 トンネル吹付け試験状況

水路トンネルの断面積は約36m²、施工長1m当り吹付け量は4.5m³である。標準断面を第1図に示す。実験項目は目視による吹付け性状の確認、圧縮強度、リバウンド率¹、粉塵量の測定である。石炭灰は碧南火力発電所産原粉(JIS 相当)を使用した。

1: はね返り材重量 / 吹き付け材全重量



第1図 水路トンネル掘削断面

(2) 実験配合

実験配合を第1表に示す。Nは、普通ポルトランドセメントのみを使用した標準の配合である。Aは、セメントの15%(重量)を石炭灰に置き換え、加えて細骨材の5%を石炭灰に置換した配合である。Bは、セメントの30%を石炭灰に置換した配合である。Cはセメントの30%置換に加えて細骨材の5%を置換した配合である。AとCは粉体量(セメント+石炭灰)が多く、試験練りで粘性が増したため、施工性を考慮しスランプを12cmとした。

第1表 実験配合

配合	スランプ (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: 碧南火力発電所産石炭灰(2.06~2.15 g/cm³)

3 試験結果

(1) 吹付け性状

実吹付け時に施工性(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。すべての配合で施工性、表面仕上げ性とも配合Nと同等であった。

(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/mm²、28日強度(コア)18N/mm²とした。試験結果を第2表に示す。セメント量が少ないB、Cでは24時間強度がやや低く、A~Cの間では粉体量の少ない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は満足している。

第2表 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

(3) リバウンド率

吹付け箇所にシートを敷き全吹付け量4.5m³に対するリバウンドの重量を測定した。測定結果を第3表に示す。配合Nのリバウンド率は22.9%で、これは吹付けコンクリートの一般的な数値(20~30%)である。石炭灰を配合したA~Cでは、標準配合と同等もしくはそれ以下の値が得られ、総粉体量が多いA、Cでは配合Nに比べ10~15%低減している。これは、粉体量の増加によりコンクリート粘性が大きくなったことによると考えられる。

第3表 リバウンド率測定結果

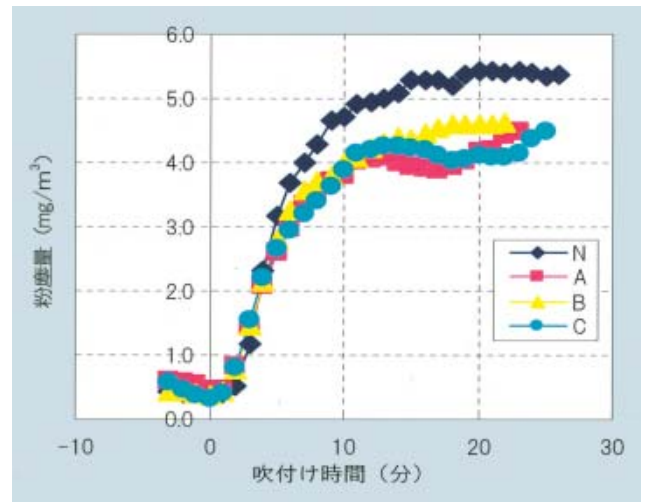
No.	リバウンド率	Nとの比率
N	22.9 %	--
A	19.5 %	0.85
B	22.6 %	0.99
C	20.4 %	0.89

(4) 粉塵量

粉塵量を切羽より50m後方で測定した結果を第4表、第2図に示す。石炭灰を混入した配合はすべてにおいて粉塵量が少なくなり、その低減率は配合Nの約15%であった。

第4表 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



第2図 粉塵量測定結果

(5) まとめ

石炭灰を混合した吹き付けコンクリートについて、以下の知見を得た。

標準的な配合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。

細骨材を石炭灰に一部置換した場合リバウンド率が10~15%低減された。

吹付け時の粉塵発生量が約15%低減された。

4 今後の展開

実験結果より、吹付けコンクリートはセメントの30%程度を石炭灰に代替可能で、加えて細骨材の一部を置換した場合、リバウンド率や粉塵量も改善された。これによりコストダウンの他、リバウンド廃材削減による環境負荷低減、粉塵量減少による労働環境改善効果が期待できる。今後は、石炭灰の有効活用の観点から、公共事業などへ技術提案を行う予定である。



執筆者 / 富田雅美
Tomita.Masami@chuden.co.jp