

石炭灰の高強度吹付けコンクリートへの適用

石炭灰の利用用途拡大に向けて

Application of Coal Ash into High-Strength Shotcrete

For the expansion of the application of coal ash

(電力技術研究所 土木建築G 構築T)

(Construction Team, Civil and Architectural Group, Electric Power Research and Development Center)

石炭火力発電所の副産物である石炭灰を有効利用するため、高強度吹付けコンクリートに石炭灰を配合する研究を行った。高強度吹付けコンクリートの現場実証試験を実施した結果、強度特性に関する管理値を満足する配合を見出し、さらに、はね返り率、粉じん濃度が低減できる施工性の長所を明らかにした。

A study was conducted on high-strength shotcrete in which coal ash was mixed, in order to make effective use of coalashes which are by-products of coal-fired power plants. As a result of field tests on high strength-shotcrete, mix proportion that meets the criteria for the strength property was found out. Moreover, advantages in shotcrete works, reduction of the rebound percentage and dust concentration, were demonstrated.

1 はじめに

石炭灰は、1991年に制定された「資源有効利用促進法(リサイクル法)」によって、利用促進すべき指定副産物に定められており、当社では碧南火力発電所から排出される石炭灰の有効利用に取り組んでいる。これまでに、コンクリートブロック等の土木建築材料やトンネル掘削直後の壁面の崩落防止のために用いられる吹付けコンクリートへの石炭灰の適用性を明らかにしてきた。

近年、トンネル建設においては、大断面化、扁平化する中で、品質はもとより、コスト削減や粉じんに対する作業環境の改善に関する取組みが行われてきている。その中で、吹付けコンクリートの高強度化が図られてきたが、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は、検討された事例がほとんどない。

本研究では、石炭灰の高強度吹付けコンクリートへの適用方法について、現場実証試験を実施して検討を行った。

一方、砂置換利用では、高強度吹付けコンクリートのセメント量は従来の吹付けコンクリートに比べて多いうえに、砂置換した場合、さらに粉体量が多くなりコンクリートの粘性が高くなることから、吹付け施工に適した砂置換率を見出す必要がある。

また、施工性については、高強度吹付けコンクリートに石炭灰を利用することによる、はね返り率、粉じん濃度等への効果についても把握する必要がある。

3 現場実証試験

(1) 試験場所

現場実証試験は、当社水力発電所建設地点の放水路トンネル工事区間の一部にて実施した。吹付け状況を写真1に示す。トンネル断面は、幅6.20m高さ6.35mで、吹付厚は15cmである。



写真1 吹付け状況

2 石炭灰の高強度吹付けコンクリートへの適用課題

コンクリートへの石炭灰の利用方法には、コンクリート中のセメントや砂の一部を石炭灰に置換える方法がある。吹付けコンクリートに対して、高速道路各社では、強度に関する管理値(第1表)を設定している。

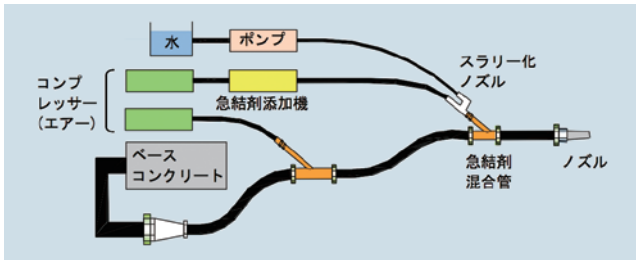
高強度吹付けコンクリートでは、特にトンネル掘削直後の壁面保護として初期強度の確保が重要であることから、石炭灰のセメント置換による初期強度の低下の影響を把握し、管理値を満足する置換率を見出す必要がある。

第1表 吹付けコンクリートの強度に関する管理値

吹付けコンクリートの区分	初期強度(N/mm ²)		設計基準強度(N/mm ²)
	材齢 3h	材齢 24h	材齢 28日
高強度	2	10	36
従来	—	5	18

(2) 吹付けシステム

本研究で用いた吹付けシステムは、第二東名・名神高速道路のトンネル工事等で実績のあるシステムである。(第2図)このシステムは、粉体急結剤に連続的に水を添加してスラリー化したものをベースコンクリートに混合する湿式吹付け方式である。

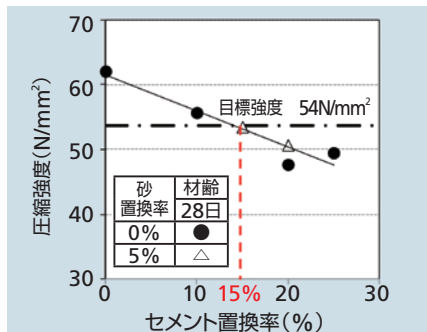


第1図 吹付けシステムの概要図

(3) 配合

事前に実施したベースコンクリートの配合試験結果における、セメント置換率と圧縮強度の関係を第2図に示す。ベースコンクリートの圧縮強度は、セメント置換率が大きくなるにつれて小さくなる。スラリー化した急結剤と混合することによる吹付けコンクリートの強度低下を考慮して設定したベースコンクリートの目標強度(54N/mm²)を満足するセメント置換率は、15%以下であることがわかった。また、砂置換率は、5%を超えた置換をするとコンクリートの粘性が高くなりすぎて、吹付けシステムに適さないことが確認された。

以上の配合試験結果から、現場実証試験におけるベースコンクリートの配合は、第2表に示す、石炭灰を用いない標準配合(No. I)、セメント置換率15%(No. II)、セメント置換率15%と砂置換率5%(No. III)の3ケースとした。また、ベースコンクリートと混合する急結剤の添加量は結合材量(セメント量およびセメント置換した石炭灰量)の10%とした。



第2図 セメント置換率と圧縮強度の関係

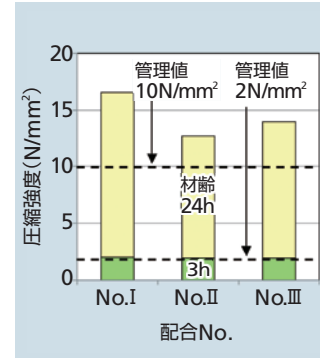
第2表 ベースコンクリートの配合

配合No	置換率 セメント (wt%)	砂置換率 (wt%)	スランプ (cm)	水結合材比 (%)W/B	単位量(Kg/m ³)					
					水 W	結合材		細骨材		粗骨材 G
						セメント C	石炭灰 FA	砂 S	石炭灰 FA	
I	0	0	20	42	189	450	0	1,087	0	738
II	15	0	20	42	189	382	68	1,074	0	725
III	15	5	20	42	189	382	68	1,010	53	728

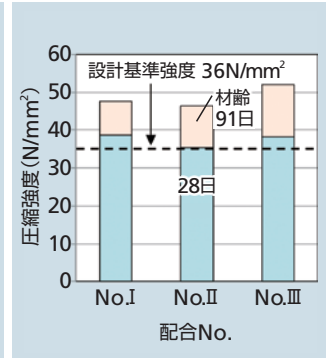
(4) 強度特性

強度特性は、吹付け後のコンクリートから採取した供試体を用いた圧縮試験を行って評価した。初期強度に関する試験結果を第3図に示す。圧縮強度は、材齢3,24時間のそれぞれの管理値2,10N/mm²以上あることから、高強度吹付けコンクリートの初期強度に関する管理値を満足することを確認した。

長期強度(第4図)に関して、材齢28日において設計基準強度(36N/mm²)以上の強度が得られることを確認した。また、材齢28日から91日間の強度の伸びは配合No. II, IIIの方が大きいことから、長期強度が高いコンクリートであることがわかった。



第3図 初期強度

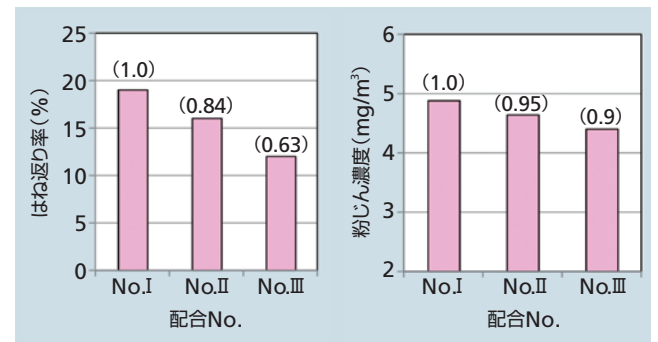


第4図 長期強度

(5) 施工性

施工性について、現場実証試験時のはね返り率と粉じん濃度により評価した。試験結果を第5図に示す。はね返り率は、配合No. Iを基準1.0とすると、配合No. IIが0.84、配合No. IIIが0.63であり、石炭灰を用いることによってはね返り量の低減効果が大きいことがわかった。これは置換する石炭灰の量が多い配合ほど粉体量が増加し、粘性が高くなったためと考えられる。また、粉じん濃度においても、石炭灰を用いることにより、粉じんの低減効果があることがわかった。

以上より、高強度吹付けコンクリートに石炭灰を置換することによって、現場における作業性の向上、作業環境の改善が期待でき、さらには材料使用量の低減が可能である。



第5図 はね返り率と粉じん濃度

4 今後の展開

石炭灰が高強度吹付けコンクリートへ適用可能であることを明らかにできたため、今後、石炭灰の有効利用の観点より、トンネル工事業者等へ技術提案を行っていきたい。



執筆者 / 中村昭男