

高機能吹付けコンクリートによる坑内粉じん環境改善について

東日本高速道路(株)
(株)高速道路総合技術研究所
大豊建設(株)
電気化学工業(株)

大築 正明
正会員 ○清水 雅之
藤井 宣
正会員 平野 健吉

1. はじめに

近年の吹付けコンクリートに求められる性能は、吹付け粉じん抑制による坑内作業環境の改善や切羽の自立性を高めるための性能向上、はね返りロスの縮減化など多様な面で技術開発が望まれている。特に粉じんに関しては、平成20年2月26日付けで厚生労働省より「粉じん障害防止規則等の一部を改正する省令の施行について」省令の改正（以下「改正省令」という。）があり、さらなる対策強化が必要となっている。改正省令では掘削断面積が小さいため、粉じん濃度 $3\text{mg}/\text{m}^3$ を達成するのに必要な大きさの風管又は必要な本数の風管の設置や必要な容量の集じん装置の設置等が極めて困難であるものについては、可能な限り $3\text{mg}/\text{m}^3$ に近い値を粉じん濃度目標レベルとして設定し、記録しておくことと定められている。このため、施工のうえで対策設備配置が極めて困難な小さい断面では、吹付けコンクリートの性能を向上させることにより粉じん抑制を行い、目標値 $3\text{mg}/\text{m}^3$ を遵守すること、合わせて吹付けコンクリートが本来担う性能を確保することが課題であった。

本稿では、吹付けコンクリートの低粉じん化や材料性能の向上を目的として、新たな吹付けコンクリートを開発し、モデルトンネルにおいて確認試験を行い得られた知見から、坑内粉じん環境の改善が可能であることが確認できたので、その効果を述べるものである。

2. 高機能吹付けコンクリートの概要

高機能吹付けコンクリート工法は従来の吹付けコンクリート工法と比べ、添加剤とその添加方法に特徴があり、専用の酸性液体急結剤と粉体助剤を吹付け直前に混合、スラリー状にしてコンクリートに添加する方法をとる。求める性能は、粉じんを抑制することにより坑内環境を改善すること、液体急結剤を配合した吹付けコンクリートでは満たされづらい、湧水箇所における付着や固結性について適用範囲を広げること、はね返りを抑制し、材料損失を軽減することである。「高機能吹付けコンクリート」及び「従来の吹付けコンクリート」配合を表1に示す。



図1 高機能吹付けコンクリート吹付け状況

図1は高機能吹付けコンクリートの施工状況である。

表1 高機能吹付けコンクリート配合

種類	目標スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)						急結剤(c×%)		
				W	C	S	G	SP	低減剤	(C1)	(C2)	粉体
高機能	18±2	49	60	190	400	1,039	732	6.0	0	4.0	8.0	0
従来	10±2	61	57	220	360	1,010	761	0	0.36	0	0	7.0
凡例 高機能:開発した吹付けコンクリート、SP:吹付けコンクリート用高性能減水剤、低減材:粉じん低減剤 C1 粉体助剤、C2: 酸性液体急結剤、粉体:セメント系粉体急結剤												

3. 現場確認試験

モデルトンネルの試験条件を表2に示す。

キーワード：吹付けコンクリート、低粉じん、はね返り、液体急結剤、粉体急結剤
〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 TEL:042-791-1629 FAX:042-791-2380

1) 粉じん量測定試験

試験施工で、従来の配合と高機能の配合の2種類を行い、粉じん量を測定し低減率を比較した。測定の方法は、デジタル粉じん計 P5-L 型を用いて、切羽後方 50m 地点で行い、質量濃度変換係数は基準に準じて $0.04(\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm})$ とした。施工時の環境を再現するため、実際の送風量と同じ環境下で試験を行った。吹付け面積は、1掘進長のパターンの全面で 11 m^2 とし、吹付け量は仕上がり吹付け厚 10cm を確保するまでの量で、コンクリート量は 3.5 m^3 程度で行った。試験結果は表 3 に示すが、高機能吹付けの優位性については、粉じん量が従来の 1/3 程度となることが確認された。

2) はね返り測定及び強度試験

高機能吹付けコンクリートのはね返り率を求め、付着性等を確認するため試験を行った。試験の結果は表 4 に示すが、はね返り率は標準積算基準の 30% に対して、15.3% と低減できた。なお、合わせて強度性能を確認するため強度試験を行った。試験方法は、初期強度 (JSCE-G 566-1999)、長期強度 (JIS A 1108) に準じて行い、強度試験の結果は表 5 に示す。初期設計基準強度 (24 h) = $5\text{ N}/\text{mm}^2 < 9.9\text{ N}/\text{mm}^2$ 、長期設計基準強度 (28 日) = $18\text{ N}/\text{mm}^2 < 33\text{ N}/\text{mm}^2$ を確認でき、大きく設計基準強度を上回り、強度性能が高いことを確認した。強度が高いことは、トンネルの支保部材の能力が向上し、安定性に寄与することとなる。

3) 湧水への適用性試験

本稿 2 で述べたとおり、液体急結剤を配合した吹付けコンクリートの湧水面への付着性能等を確認した。はじめにモデルトンネル内で、強制的に $30\text{ l}/\text{min}$ の水を流下させた模擬壁面 (木製) に、コンクリートを吹付けて付着性能を確認し、水に流されことなく仕上げ面が保持できる状態を確認した。さらに、模擬湧水を流下させずに同様に採取した試験体と切断面の比較を行い、骨材の不分離状態を確認し、切り取り面では混合性が湧水無しのもとと比べて差が見られない状態を確認した。また、28 日圧縮強度は、前項に示した値と同等の結果が得られ、湧水の上でも設計基準強度を満足することを確認した。

4. まとめ

今回環境の厳しい小さな断面を条件に、吹付けコンクリートによる坑内粉じん環境改善に取り組んだ。改善のため新たな吹付けコンクリートを開発し、改善効果を確認するためモデルトンネルで種々の試験を行った。試験の結果得られた知見は、吹付けコンクリートに期待する性能のうち、①粉じん量が相対比で 1/3 程度に低減し、デジタル粉じん計の測定値では目標値 $3\text{ mg}/\text{m}^3$ 以内となり、吹付けコンクリートによる粉じん低減効果が認められたこと②はね返りが積算基準と比べておおよそ半減でき施工性が向上したこと③液体急結剤を配合した吹付けコンクリートであっても、一定の湧水量に適用が可能なことである。これらの実情を踏まえ、吹付けコンクリートの適用性が拡大したものとする。

表 2 現場確認試験条件

項目	諸元等
トンネル掘削断面積	18.7 m^2
吹付け厚さ	10cm
吹付け機能力	$10\text{ m}^3/\text{h}$
換気設備	コントラファン 37kw×2 連
送風量	$500\text{ m}^3/\text{min}$
風管	ファスナー式ビニル径 800mm
粉じん測定器	デジタル粉じん計 P5-L

表 3 粉じん量測定結果

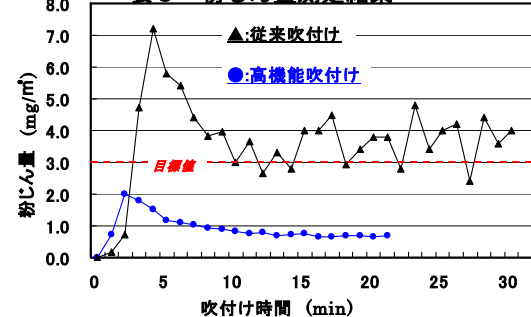


表 4 はね返り試験結果

内 容	はね返り率 (%)	低減率
標準積算基準	30	▲14.7%
高機能吹付け	15.3	

表 5 強度試験結果

