

スラリー急結剤を用いた吹付けコンクリートの粉じん低減効果の評価

飛島建設名古屋支店 正会員○藤本克郎
 飛島建設名古屋支店 白畑智幸
 飛島建設技術研究所 正会員 平間昭信
 飛島建設技術研究所 正会員 岩城圭介
 日本道路公団静岡建設局 大窪克己

1. はじめに

山岳トンネルの吹付けコンクリート施工では、坑内作業環境保全の観点から粉じんの低減が重要な課題となっている。旧労働省ガイドライン（平成12年12月）では、切羽から50m後方における粉じん濃度の目標レベルを 3 mg/m^3 以下と定め、これを越える場合、換気設備などの適切な措置を講じることとしている。最近では、粉じん低減対策として、液体急結剤の適用¹⁾や圧縮空気を用いない吹付け方式の試行²⁾などが行われている。

一方、粉体急結剤は、優れた急結作用から我が国で最も一般的に用いられている。しかし、粉体急結剤とコンクリートの混合が不十分な場合、急結剤がノズルから直接噴射され、主な粉じん発生源になり得る。この対策として提案されたスラリー急結剤を用いる吹付けシステム（以下、S方式）³⁾では、粉体急結剤を連続的にスラリー化してコンクリートに添加する。ここでは、S方式の主に粉じん低減効果に関し、粉体急結剤を用いる吹付けシステム（P方式）との比較により評価した。

本報では、S方式を本格的に適用した第二東名高速道路静岡第六トンネル工事で実施したS方式の性能評価試験について述べる。

2. 実験概要

使用材料を表-1に示す。急結剤 Ac-Sは、S方式でスラリー化して用いる粉体急結剤であり、高強度吹付けコンクリートで最も一般的に用いられている高強度用粉体急結剤（Ac-P）を改良したものである。

試験配合を表-2に示す。両配合とも、第二東名・名神高速道路トンネル工事の高強度吹付けコンクリートの基準（材齢3時間2N/mm²、材齢1日10N/mm²、材齢28日36N/mm²の圧縮強度）を満足すべく設定した。また、スランプは、 $18 \pm 2 \text{ cm}$ とした。なお、S方式では、急結剤のスラリー化に要する水Wsの追加を考慮して、ベースコンクリートの水セメント比W/CをP方式に比べて3%低減している。

試験方法を表-3に示す。粉じん濃度の測定は、実際の作業条件と異なり、坑内換気装置の送風を停止した状態で行った。測定点を図-1に示す。また、粉じん濃度以外の試験項目は、各方式で2回の試験を行った。なお、実測に基づく吹付け条件は、コンクリート吐出量で $14 \sim 17 \text{ m}^3/\text{hr}$ であり、各方式ともほぼ一定の条件下で試験を行った。

表-1 使用材料

材料	材料の諸元
セメントC	普通ポルトランドセメント、密度 3.15 g/cm^3
細骨材S	静岡市丸子産砕砂、FM 2.71、密度 2.65 g/cm^3
粗骨材G	静岡市丸子産砕石、密度 2.69 g/cm^3
高性能減水剤Sp	ポリエチレングリコール系高分子化合物
急結助剤As	水溶性高分子化合物
急結剤Ac-P	高強度用粉体急結剤、加水比70%系
急結剤Ac-S	スラリー用粉体急結剤、加水比70%系

表-2 試験配合

				単位量 (kg/m ³)						急結剤 (kg/m ³)	
				水W	セメントC	細骨材S	粗骨材G	高性能減水剤Sp	急結助剤As	急結剤Ac*2	スラリー水Ws
P方式	45.0	45.0	62.0	203	450	1026	639	4.95	—	45	—
S方式	42.0	49.0	59.0	189	450	998	704	6.30	0.09	45	31.5

*1: W' = W + Ws, *2: P配合 急結剤Ac-Pを使用, S配合 急結剤Ac-Sを使用

表-3 試験方法

試験項目	試験方法
粉じん濃度	旧労働省「ずい道建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」の方法に準拠（送風停止、測定点：図-1参照）
はね返り率	2.0 m^3 をトンネル上半に吹付け、はね返り質量を測定。はね返り率＝はね返り質量／コンクリート 2.0 m^3 の質量
初期強度	空気圧ピン貫入法（JHS 726）による。試験材齢3, 24時間
長期強度	吹付けコアの圧縮強度（JSCE-F 561, JIS A 1107）。試験材齢7, 28日

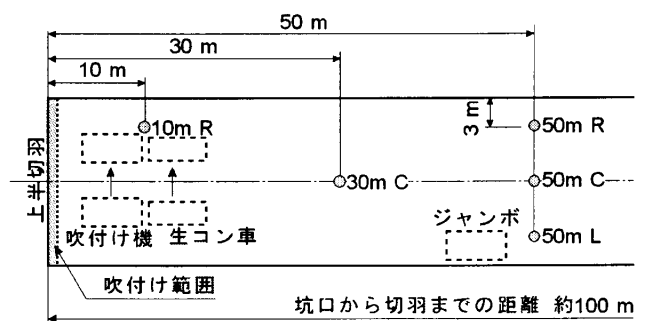


図-1 粉じん測定位置平面図（10m R, 30m C, 50m R, C, L）

キーワード：吹付けコンクリート、スラリー急結剤、粉じん、はね返り、強度発現

〒421-1213 静岡県静岡市新聞 1419-3 飛島・白石・地崎共同企業体 静岡第六トンネル工事 TEL: 054-278-7173 FAX: 054-276-1715

3. 試験結果および考察

3.1 粉じん P方式、S方式の吹付け時における粉じん濃度の経時変化を図-2、図-3に示す。図中には、吹付け時間帯を示した。また、測点 50 m R, C, L の測定結果については、平均して 50m Ave.と表示した。なお、粉じん測定時の風向・風速は、送風停止の状態でご測定位置とも、切羽方向、風速 0.5 m/sec 以下であった。

P方式では、各測定位置とも、吹付け開始から粉じん濃度の増加が認められ、厚生省ガイドラインの目標レベル 3 mg/m^3 を容易に超過し、50 m 位置では、吹付け開始から約 30 分で 5 mg/m^3 程度の定常状態となった。

一方、S方式の粉じん濃度は、各測定位置とも、吹付け開始からの明確な増加傾向を示さず、 $0.5 \sim 2.0 \text{ mg/m}^3$ 程度の範囲で定常的であり、P方式と比較して大幅に低減された。これは、粉体急結剤のスラリー化による発生粉じんの低減効果を裏付けるものと考えられる。なお、S方式における経過時間 45 分前後の 50 m 位置での粉じん濃度の増加は、生コン車移動によるものである。

また、測定位置の差違に関しては、P方式で、吹付け位置から離れるほど粉じん濃度が高い傾向を示した。これに対して、S方式では、各測定位置の粉じん濃度に差違が認められなかった。このことから、S方式による粉じんは、浮遊しにくい性状であった可能性がある。

3.2 はね返り はね返り率の測定結果は、2 回の測定の平均で、P方式 16.8%、S方式 16.1%と同等であった。吹付けコンクリートでは、定性的に細粒分が選択的に付着し、粗粒分がはね返り中に含まれる。S方式の配合は、P方式に比べて粗骨材量が多く、潜在的にはね返りが多い可能性があったことを考慮すると、両方式で同程度のはね返り率は、既往の研究³⁾で示したスラリー急結剤の吹付け直後の可塑性による、はね返り低減効果を示唆するものと考えられる。

3.3 強度発現 図-4に示すようにP方式、S方式とも、順調な強度発現を示し、第二東名・名神高速道路トンネル工事の高強度吹付けコンクリートの基準を満足した。また、S方式では、P方式に比べて若干強度が低い結果であった。これは、スラリー水 W_s を考慮したS方式の実水セメント比 W/C 49.0%が、P方式の W/C 45.0%に比べて高いことによると考えられる。

4. まとめ

スラリー急結剤を用いた吹付けシステムの性能評価を目的に実施した試験施工の結果、以下の知見を得た。

- (1) 本吹付けシステムの適用により、大幅な粉じん低減が可能であることが示された。この要因としては、粉体急結剤のスラリー化による発生粉じん量の低減に加え、浮遊しにくい粉じん性状の影響も示唆された。
- (2) 本吹付けシステムの強度発現、はね返り特性は、高強度用粉体急結剤を用いた吹付けシステムと比較して遜色のないものであった。今後は、本吹付けシステムが本来有するはね返り低減効果を発揮するために、細骨材率の最適化などに関しても、検討を行う予定である。

【謝辞】 試験施工に際し、電気化学工業（株）、グレースケミカルズ（株）他関係各位のご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】 1) ジェオフロンテ研究会編：低粉じん対応新世代急結剤技術資料，2001. 2) 中川他：圧縮空気を用いない吹付け方式の試験施工，土木学会第 56 回年次学術講演会概要集第 VI-240，2001. 3) 岩城他：スラリー急結剤による繊維補強吹付けコンクリートのはね返り低減効果に関する研究，土木学会第 54 回年次学術講演会概要集第 V-487，1999.

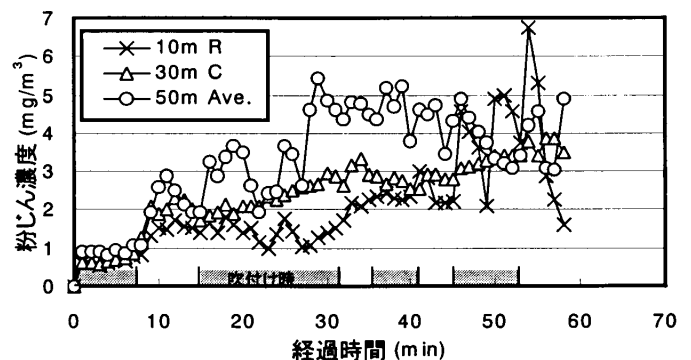


図-2 P方式の粉じん濃度経時変化（送風停止）

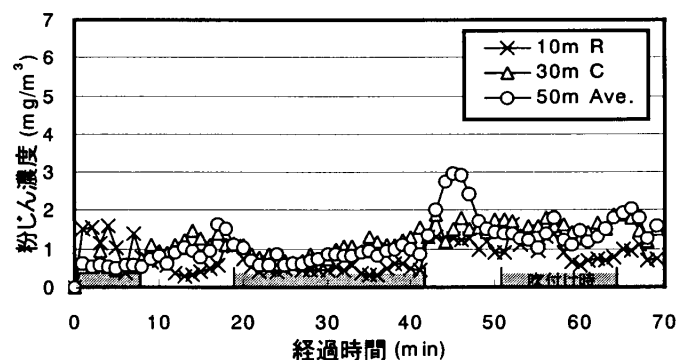


図-3 S方式の粉じん濃度経時変化（送風停止）

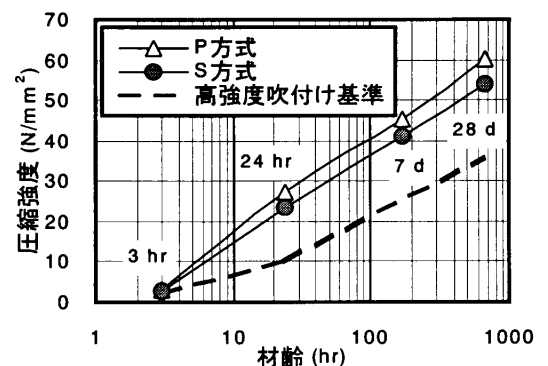


図-4 圧縮強度の経時変化