

VI-2 低粉じん型吹付けコンクリート工法の小断面トンネルへの適用

飛鳥建設土木本部
岩手県遠野地方振興局
飛鳥建設東北支店

正会員 黒坂聡介
佐藤秀和
大沼正浩

1. はじめに

岩手県発注の遠野第二生活貯水池洪水吐トンネルは掘削断面が約 30m^2 と小断面であり、施工機械や施工設備に制約を受け、特に吹付け時の粉じん発生による坑内環境の悪化が懸念される施工条件であった。厚生労働省の「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」においては、粉じん濃度の目標レベルは $3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下と掲げられているが、小断面はガイドラインの適応除外となっている。しかし、小断面トンネルにおいても、吹付け時の粉じん対策は坑内環境の確保のためには必要不可欠なものである。

第二東名高速道路においては低粉じん型吹付けとして、高強度吹付けを対象としたカルシウムサルフォアルミネート系粉体急結剤の連続スラリー化を特徴とする”スラリーショットシステム”が多数の施工実績がある。これに対して、一般強度(設計基準強度 $18\text{N}/\text{mm}^2$)の吹付けコンクリートへの適用に際しては、スラリー化に要する水量により水セメント比が高くなるために、セメント量の増加や高性能減水剤の使用が不可欠などの配合的な課題や、急結剤の改良などの課題があった。これらの課題を解決し、”汎用型スラリーショットシステム”を飛騨トンネル避難坑工事に適用し良好な施工性及び品質を確認した¹⁾。遠野洪水吐トンネルで適用したシステムは、スラリーショット用急結剤として、より低粉じん化と経済性を目指したものであり（以下、NS方式）、実現場への適用は初の試みであった。

本報は、我が国における急結剤の主流であるカルシウムアルミネート系粉体急結剤を用いた吹付けコンクリート（以下、P方式）と、新たに適用した工法との性能比較試験を実施し、検討した結果について述べる。

2. スラリーショットシステムの概要

このシステムは、図に示すように従来の湿式吹付けシステムを基本としており、混合器手前に位置するスラリー化装置にて粉体急結剤を連続的にスラリー化し、コンクリートと混合させるシステムである。

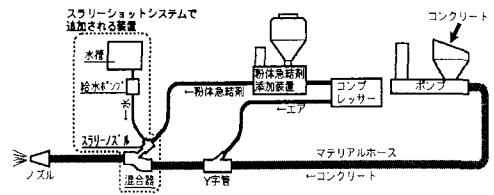


図-1 スラリーショットシステム概要図

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= $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材 S	住田町世田米産砕砂、密度= $2.68\text{g}/\text{cm}^3$
粗骨材 G	上郷町早瀬川産川砂利、 $G_{\text{max}}=10\text{mm}$ 、密度= $2.65\text{g}/\text{cm}^3$
急結剤 As	水溶性高分子化合物、密度= $2.16\text{g}/\text{cm}^3$
急結剤 Ac-P	粉体急結剤、カルシウムアルミネート系
急結剤 Ac-NS	スラリー用粉体急結剤、カルシウムアルミネート系

表-2 試験配合

配合No	目標スランプリュープ (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	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	急結剤 As	急結剤 Ac ¹⁾	スリ-水 Ws
P方式	10±2	58.9	60.0	212	360	1052	693	—	C×7% 25.2	—
NS方式	15±2	55.0	63.0	220	400	1069	620	C×0.05% 0.20	C×6.3% 25.2	Ac×100% 25.2

¹⁾：P配合は急結剤Ac-Pを使用、NS配合は急結剤Ac-NSを使用

3. 試験概要

3.1 使用材料、試験配合

使用材料を表-1に示す。急結剤Ac-NSは、NS方式でスラリー化して用いる粉体急結剤(カルシウムアルミネート系)であり、我が国で最も一般的に用いられている粉体急結剤(Ac-P)を改良したものである。

試験配合を表-2に示す。SN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方式に比べて低減して設定した。なお、水セメント比の低減に伴い、コンクリートの粘性が増加してポンプ圧送性などの施工性に影響することが事前の検討

表-3 試験方法

強度特性	初期強度	ブルアウト法(JSCE-G561)に準拠 試験材齢24時間
	長期強度	吹付けコアの圧縮強度(JSCE-F561)に準拠 試験材齢7、28日
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

で把握されていたことから、NS方式でのスランブは15cmに設定した。

3.2 試験項目および試験方法

試験項目及び方法を表-3に示す。粉じん濃度の測定は、厚生労働省のガイドラインに示されている切羽から坑口に向かって50m位置と併せて、吹付け作業位置として切羽から10mの左右において、光散乱式粉じん測定器で測定した。また、坑内の風向および風速を併せて測定した。

4. 試験結果

4.1 強度発現特性

図-2に示すようにP方式、NS方式とも、良好な強度発現を示し、材齢28日における吹付けコンクリートは、 28N/mm^2 程度と強度基準(材齢28日 18N/mm^2 の圧縮強度)を満足する結果であった。今回の結果より、NS方式でもP方式と同等の強度発現が得られることが確認された。

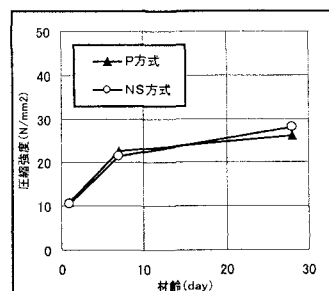


図-2 圧縮強度の発現

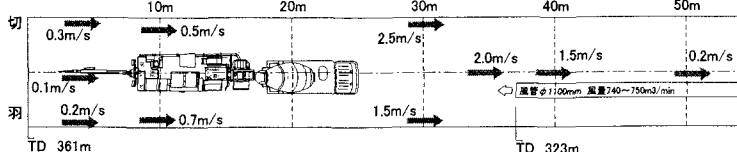


図-3 風向及び風速の測定結果

4.2 粉じん特性

図-3に風向および風速の測定結果を示す。なお、換気方式は送気式であり、換気量は 750m^3 程度で風管位置は切羽から約38mであった。掘削断面が約 30m^2 と小断面であり吹付けシステムの配置が影響し、風速が最も大きい値を示したのは吹付けシステム後方で、吹付け作業位置近傍の10m位置での風速は約 0.5m/sec 程度であった。

粉じん濃度の測定結果を図-4、図-5に示す。50m位置においては、両方式とも10分程度で定常状態となり、P方式が平均 7.7mg/m^3 に対してNS方式では平均 1.7mg/m^3 と粉じん濃度は大きく低減でき、かつガイドラインの目標濃度も満足する結果を得た。また、吹付け作業位置近傍の10mの結果では、P方式が定常状態で 15mg/m^3 前後で推移しているのに対してNS方式は 3mg/m^3 前後であり、作業位置でも粉じん低減が図られ、ガイドラインの目標濃度程度の値が確保されている。

5. まとめ

掘削断面が小断面であるなどの特異な施工条件であるにもかかわらず、大幅な粉じん低減効果を確認できたことは、小断面トンネルにおける粉じん低減の手段として、スラリーショットシステムは有効な工法であることを確認した。しかし、1現場における試験結果であり、今後は幾つかの適用現場において客観的なデータを蓄積し、スラリーショットシステムの効果を定量的に整理する予定である。また、現在は切羽から50m位置での粉じん濃度についての評価が一般的であるが、現場状況を考えると作業位置近傍での粉じん低減が重要となる。今回の結果から作業位置での粉じん低減効果も確認されており、スラリーショットシステムを適用することにより、実際の現場作業に要求される効果的な作業環境の改善が可能であると考えられる。

【参考文献】1)平間、川北、松原、山田、黒坂：小断面トンネルにおける吹付けコンクリートの粉じん低減に関する提案，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集VI-050，2003.09

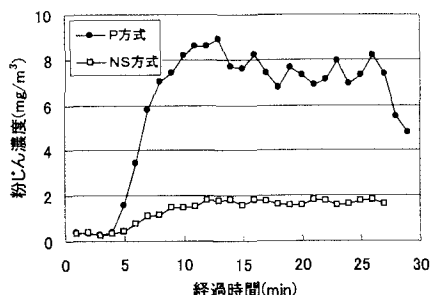


図-4 50m位置における粉じん濃度経時変化

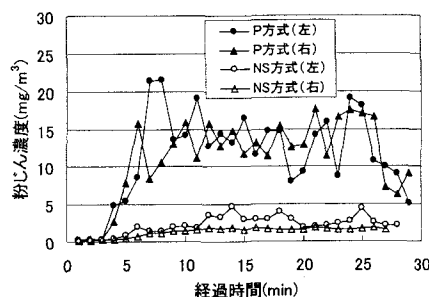


図-5 10m位置における粉じん濃度経時変化