

# スラリー急結剤を用いた新しい吹付けシステム

本田 和幸\* 大林 孝一\*  
 Kazuyuki Honda Koichi Obayashi  
 柚村 孝彦\* 森山 健太郎\*  
 Takahiko Yumura Kentarou Moriyama

## 1. はじめに

吹付けコンクリートは NATM における主要な支保部材のひとつであるが、粉じんによる労働環境の問題や、リバウンドによる材料ロスなど、多くの課題を有している。

また、厚生労働省より平成 12 年 12 月に策定された、「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」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 3mg/m<sup>3</sup> 以下』と定め、これを超える場合には、集じん機等の設置、作業工程又は作業方法の改善等必要な措置を講じることが示されている。

そこで、当現場では吹付けコンクリートの施工にあたり、スラリー急結剤を用いた低粉じん・低リバウンド型の新しい吹付けシステムを採用した。本書はこの吹付けシステムの性能評価試験の結果について報告するものである。

## 2. 吹付けシステムの概要

### (1) スラリー急結剤

一般に吹付けコンクリートでは粉体急結剤が用いられてきたが、粉じんの発生量が多いという欠点があった。このため、粉じん発生量が少ない液体急結剤が開発されたが、粉体に比べ初期強度発現が小さくリバウンド量が多いという欠点があった。そこで両者の特徴を併せ持つようなスラリー急結剤を用いる吹付けシステムが開発された。

スラリー急結剤は、粉体急結剤に連続的に水を添加することで得られるもので、ゲル状を呈し粘性が大きいことから、低粉じん・低リバウンドの効果が期待できる。

### (2) 吹付けシステム

図-1 はスラリー急結剤を用いた吹付けシステムの概要図を示したものである。図-1 に示すように、この吹付けシステムは従来の湿式の吹付けシステムを基本としており、破線で囲まれた箇所が、バッチャープラントと、吹付けロボットに新たに追加される装置である。

トラックミキサーより、吹付けロボットにコンクリートを投入し、コンクリートポンプで圧送する。次に、Y

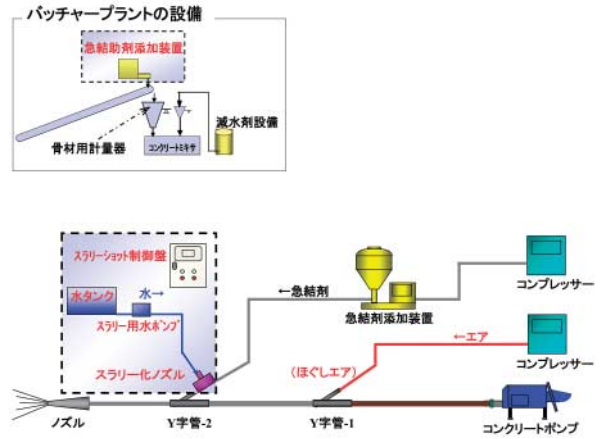


図-1 スラリーショットの概要図

表-1 試験配合

・吹付けコンクリート

水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	水 W (kg/m <sup>3</sup> )	セメント c (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材 S (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 G (kg/m <sup>3</sup> )
50	60	190	380	1076	715
高性能減水剤 SP (kg/m <sup>3</sup> )	急結助剤 AD (kg/m <sup>3</sup> )	スランプ SL (cm)	空気量 Air (%)		
1.9 (c×0.5%)	0.19 (c×0.05%)	18±2.5	4.5±1.5		

・スラリー急結剤

急結剤	水
US-32 (kg/m <sup>3</sup> )	Ws (kg/m <sup>3</sup> )
26.6 (c×7%)	26.6 (US-32×100%)

表-2 使用材料

材料/記号	商品名及び品質等
セメント/C	普通ポルトランドセメント (密度=3.16g/cm <sup>3</sup> )
細骨材/S	京都府由良川産 (密度=2.60g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材/G	京都府由良川産 (Gmax=15mm, 密度=2.59g/cm <sup>3</sup> )
急結助剤/AD	電気化学工業(株)製 (デンカ FTN-SD)
減水剤/SP	高性能減水剤 (FTN-30)
急結剤	電気化学工業(株)製 (デンカナトミック US-32)
水/W, Ws	沢水及び濁水処理の混合水

表-3 使用機械

使用機械	規格・性能
・吹付けロボット (ポンプ圧送式)	FB306 型 マンテス 三興レンタル(株)
スクリュウコンプレッサー (ほぐしエア用)	90kw
スクリュウコンプレッサー (急結剤添加用)	37kw
コンクリートポンプ	6~29m <sup>3</sup> /h
・トラックミキサー	10t 積
・コントラファン (送気方式)	1500m <sup>3</sup> /min

字管-1 の箇所 でコンプレッサーより、ほぐしエアを投入し、ポンプ圧送で高密度になっている材料をほぐした状態にし、Y字管-1 以降をエア圧送の状態にする。

一方、粉体急結剤は Y字管-2 直前のスラリー化ノズル中で、高圧水と混合することによりスラリー化され、このスラリー急結剤を Y字管-2 でコンクリートに添加し、ノズルより吹付けコンクリートが噴射される。

\*関西 (支) 菅坂南 (出)

### 3. 吹付けシステムの性能評価試験

#### (1) 目的

スラリー急結剤を用いた吹付けシステムを本工事へ適用するにあたり、十分な粉じん低減効果、リバウンド低減効果（目標値：坑内粉じん濃度  $3\text{mg}/\text{m}^3$  以下、リバウンド率 15% 以下）を検証するため、施工試験を行った。また、これらの性能を得るための最適なコンクリート吐出量、ほぐしエア量等を定量的に求めることも性能評価試験の目的とした。

表-1 に、本試験で行った試験配合を、表-2 に、使用材料を、表-3 に使用機械をそれぞれ示す。

#### (2) 試験方法

性能評価試験を、CII（補助ベンチ付全断面掘削）パターンの上半吹付け施工時において行った。以下に試験項目及び試験方法を示す。

#### (3) 吹付け条件

##### ①コンクリート吐出量

一般にコンクリート吐出量とリバウンド率には相関があるといわれており、コンクリート吐出量を 12, 14, 16  $\text{m}^3/\text{h}$  の 3 パターンとし、両者の関係を求めた。

##### ②ほぐしエア量

ほぐしエア量と粉じん濃度との相関を把握するため、ほぐしエア量を 6,  $8\text{m}^3/\text{min}$  の 2 パターンの設定で試験し、両者の関係を求めた。

#### (4) 吹付け性状に関する試験

##### ①リバウンド率

切羽にブルーシートを広げ、通常の施工方法で  $5\text{m}^3$  の吹付けを行った。その後シートに跳ね返ったコンクリートをワイヤーモッコにて 4t トラックに回収して、リバウンド量をトラックスケールで測定した。吹付けコンクリートの量は、CII パターンの上半一断面の吹付け目安量が  $5\text{m}^3$  であるため、本試験においてもこの数量とした。写真-1 は吹付けコンクリート施工状況を示したものである。

##### ②粉じん濃度

粉じん測定は、吹付けコンクリート吹き始めから、 $5\text{m}^3$  吹き終えるまでコントラファンを稼働させた状態で実施した。

粉じん濃度の測定は、光拡散式デジタル粉じん計 MODEL 3411 (K 値 0.04) (カノマックス製) を使用し、厚生労働省『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』に示される方法で測定した。

#### (5) 試験結果

表-4 に試験結果を示す。

##### ①リバウンド率

パターン C では、リバウンド率が 8.9% を示し、その他のパターンでは 12~13% という結果であったが、



写真-1 吹付けコンクリート施工状況

表-4 試験結果

試験パターン		A	B	C	D	E
設定条件	コンクリート吐出量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	12.0	14.0	14.0	16.0	16.0
	ほぐしエア量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	8.0	6.0	8.0	6.0	8.0
リバウンド率 (%)		12.4	12.2	8.9	13.0	12.1
平均粉じん濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )		4.20	2.72	3.04	2.39	3.33

いずれも目標値を満足する値であった。

##### ②粉じん濃度

ほぐしエア量を  $8\text{m}^3/\text{min}$  に設定したパターン A, C, E では切羽後方 50m 地点で  $3\text{mg}/\text{m}^3$  を超える値を示したが、ほぐしエア量を  $6\text{m}^3/\text{min}$  に設定したパターン B, D では  $3\text{mg}/\text{m}^3$  未満であり、良好な値を示すことが確認できた。

以上のことより、本工事における実施工では、コンクリート吐出量  $14\sim 16\text{m}^3/\text{h}$ 、ほぐしエア量  $6\text{m}^3/\text{min}$  に設定することにより粉じん濃度  $3\text{mg}/\text{m}^3$  以下、リバウンド率 15% 以下を満足することが確認できた。

### 4. まとめ

菅坂南トンネルでは、粉じん低減およびリバウンド低減を目標に、吹付けコンクリートにスラリー急結剤を用いた吹付けシステムを採用し、性能評価試験により得られたデータを基に施工中である。現在粉じん濃度が目標値の 80% 程度であり、ガイドラインで示された目標濃度を満足している。

また、材料費（リバウンドロス含む）、機械費（集じん機等）を含めたコストは従来工法に比べ一割程度のコスト増となったが、坑内環境が著しく改善されたことにより作業員の評判も良く、新しい吹付けシステムの導入が坑内環境の改善において、有効であるといえる。