

吹付けコンクリートの粉じん粒度分布に関する検討

飛島建設技術研究所	正会員	平間昭信
日本道路公団試験研究所	正会員	伊藤哲男
日本道路公団試験研究所	正会員	大嶋健二
飛島建設技術研究所	正会員	岩城圭介
飛島建設土木本部	正会員	黒坂聡介

1. はじめに

吹付けコンクリートの施工に際しては、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」を受けて、吹付け作業時の坑内環境の改善を図るために、粉じん低減剤の使用や集じん装置などの換気設備の使用による対応が行われている。また、欧州などで用いられている液体急結剤の導入や、粉体急結剤の連続スラリー化を特徴とする吹付けシステムなど、材料面から粉じんを抑制する吹付けコンクリート工法についても採用されている。大嶋らは、材料面から発生粉じんを抑制する工法の粉じん低減効果の検討で、使用する急結剤によって質量濃度変換係数($\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$)は異なることを報告している¹⁾。

本報告は、トンネル坑内において、吹付けコンクリートに使用する急結剤や配合によって、発生する粉じんの形態が異なると考え、粉じんの粒度分布に着目し、検討したものである。

2. 実験概要

2. 1 試験配合

表-1 試験配合

配合名	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)						急結剤 (%)	
			水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能 減水剤	粉じん 低減剤	急結剤 ^{*1}	水
高強度配合	45.0	58.1	203	450	961	704	4.5	—	C×10	—
粉じん低減剤配合	45.0	58.1	203	450	961	704	5.4	0.36	C×10	—
スラリー配合	42.0 ^{*2}	59.0	189	450	998	704	6.3	—	C×10	C×7

注) *1: スラリー配合の急結剤は、スラリー用の急結剤を使用した。

*2: スラリー化に要する水を考慮した水セメント比は49%である。

試験配合を表-1に示す。スラリー配合で使用した急結剤は、スラリー化して用いる粉体急結剤(カルシウムサルフォアルミネート系)であり、高強度吹付けコンクリートで一般的に用いられている高強度用粉体急結剤を改良したもの

である。粉じん低減剤の添加量については、高強度吹付けコンクリートでの実績はほとんどない。そこで、粉じん低減剤添加によりコンクリートの粘性が増加することを考慮し、単位セメント量 $360\text{kg}/\text{m}^3$ の吹付けコンクリートで実績が多い添加量 $0.360\text{kg}/\text{m}^3$ とした。

2. 2 粉じん測定および粉じんの捕集方法

粒度分布を測定するための粉じんの捕集は、吸引式粉じん計ハイボリュームエアサンプラー(捕集粉じん粒径 $10\mu\text{m}$ 以下)を用いて行った。その配置は、吹付け作業位置から 50m 離れた中央位置において高さ 1.5m とした。また、同位置において、光散乱式粉じん測定器(質量濃度変換係数($\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$)= 0.003)を用いて、粉じん濃度についても測定を行った。

2. 3 粉じんの粒度分布測定

粉じんの粒度分布は、レーザー回折/散乱式粒度分布測定装置を用いて測定した。この装置は、図-1の装置原理図に示すように、測定液体中で分散された粒子の流れにレーザー光をあて、粒子にあたった散乱光の角度と強度から粒子サイズを計り、粒度分布を求める方法である。今回使用した測定装置の測定範囲は、 $0.02\sim 2,000\mu\text{m}$ であった。

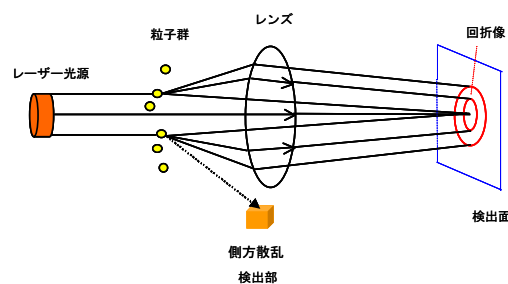


図-1 粒度分布装置原理図

キーワード：吹付けコンクリート、粉じん、粉じん低減剤、スラリー急結剤、粒度分布

〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設技術研究所 Tel: 04-7198-7559 Fax: 04-7198-7586

3. 試験結果

3. 1 粉じん濃度に関する測定結果

送風停止状態における粉じん濃度の測定結果を図-2に示す。図に示すように、高強度配合は、相対粉じん濃度が800cpm程度で定常状態となっているのに対し、粉じん低減剤配合およびスラリー配合は、400～500cpmと約半分の粉じん濃度であり、粉じんの低減効果が認められる結果であった。

3. 2 粉じんの粒度分布に関する測定結果

送風停止における粉じんの粒度分布測定結果を図-3に、換気条件の比較の結果を図-4に示す。停止状態において、粉じんの粒度分布は $5\mu\text{m}$ を中心とした粒度分布であり、急結剤の種類や配合の違いは認められない。このことから、材料面から発生粉じんを抑制する工法の粉じん低減効果は、粉じんの粒度分布に起因するものではなく、発生粉じん量の抑制が主たるものと推察され、発生粉じんの抑制が有効な手段であることが確認された。これに対して、図-4に示す、換気が及ぼす影響については、送風稼働した場合の方が粒度分布は細かい方にシフトしている結果であり、浮遊粉じんの粒径は換気条件、空気の移動に影響を受けることが伺われる。なお、この場合の送風風量は $2,600\text{m}^3/\text{min}$ であり、捕集位置での風速は $2.5\text{m}/\text{sec}$ 程度であった。

表-2に、粉じんの粒度分布から求めた粉じんの粒径を示す。急結剤の種類や配合の違いは認められなく、最小粒径、最大粒径ともほぼ同一の値であり、平均粒径は $3.3\sim 4.1\mu\text{m}$ であった。一般に、吹付け時の粉じんのような鉱物性粉じんは、 $1\sim 5\mu\text{m}$ の大きさの粉じんが人体に影響すると言われている²⁾。今回の結果から、吹付けコンクリートの施工時に発生する粉じんは、配合や急結剤の種類に関係なく、人体に影響する粒度分布を有しており、坑内環境改善について検討する必要性の高いことが示唆される。

4. まとめ

以下、今回の検討で得られた知見を以下に示す。

- 1) 粉じんの平均粒径は $3.3\sim 4.1\mu\text{m}$ であり、配合および急結剤の種類に関係なく、ほぼ同様であることを確認した。
- 2) 浮遊粉じんの粒径は換気条件、空気の移動に影響を受けることが伺われる。

【参考文献】

- 1) 大嶋，伊藤，平間，岩城：高強度吹付けコンクリートの粉じん低減に関する検討，土木学会第58回年次学術講演会概要集第VI-048，pp.95-96，2003.9
- 2) ずい道等建設工事における換気技術指針（設計及び粉じん等の測定），建設業労働災害防止協会，p53-54，2002.3

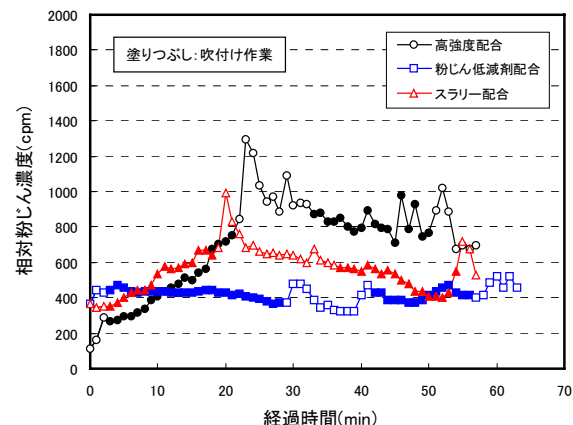


図-2 粉じん濃度の測定結果（送風停止）

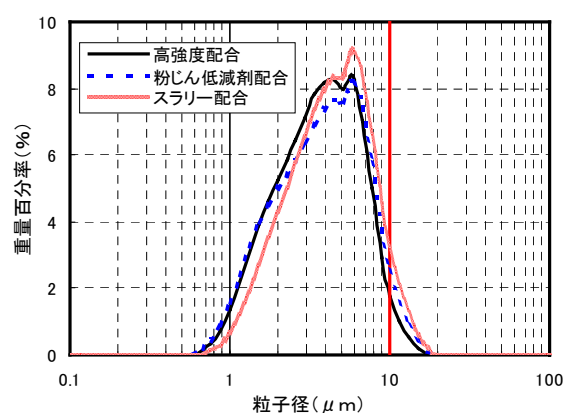


図-3 粉じんの粒度分布（送風停止）

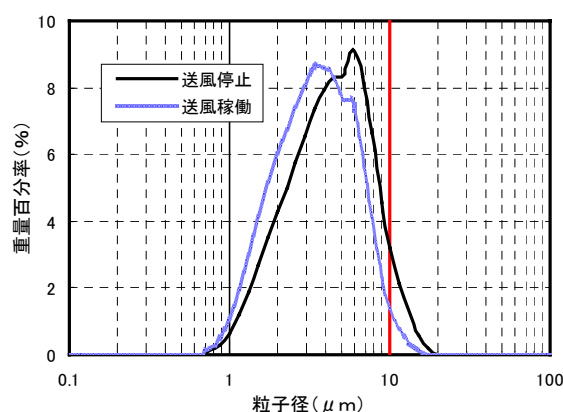


図-4 粉じんの粒度分布（スラリー配合）

表-2 粉じんの粒径に関する結果

配合名	換気条件	最小粒径 (μm)	最大粒径 (μm)	平均粒径*1 (μm)
高強度配合	送風停止	0.669	15.172	3.479
粉じん低減剤配合		0.669	17.377	3.628
スラリー配合		0.766	17.377	4.086
	送風稼働	0.766	15.172	3.263

注)*1：平均粒径：累積50%に相当する粒子径