

高強度吹付けコンクリートの粉じん低減効果に関する検討

日本道路公団試験研究所 正会員 ○大嶋健二
 日本道路公団試験研究所 正会員 伊藤哲男
 飛鳥建設技術研究所 正会員 平間昭信
 飛鳥建設技術研究所 正会員 岩城圭介

1. はじめに

現在、吹付けコンクリートの施工に際しては、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、集塵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、液体急結剤の使用や、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が開発されている。そこで、低粉じん化に向けた吹付けコンクリートの実用化を計ることを目的として、同一条件下のトンネルにて試験施工を実施した。ここでは、第二東名高速道路で実績の多い高強度粉体急結剤を用いた高強度吹付けコンクリートと新たな工法との比較試験より、吹付けコンクリートの粉じん低減効果について述べるものである。

表 - 1 試験配合

トンネル名	配合種別	水セメント比	細骨材率	単位量 (kg/m ³)					急結剤	
		W/C	s/a	水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	C×%	スラリー水
A	H-1	45.0	58.1	203	450	961	704	C×1.0	C×10	—
	S	42.0 ^{*1}	59.0	189	450	998	704	C×1.4	C×10	C×7
B	H-2	45.0	59.1	203	450	952	663	C×0.6	C×10	—
	A	37.5 ^{*2}	60.0	180	480	987	663	C×1.4	C×9.5	—

注) *1: スラリー化に要する水を考慮した水セメント比は、49%となる。

*2: アルカリフリー液体急結剤に含まれる水を考慮した水セメント比は、42.3%となる。

2. 実験概要

2.1 試験配合

試験配合を表 - 1 に示す。H - 1 および H - 2 配合で使用したのは、高強度用粉体急結剤（カルシウムサルフォアルミネート系）、S 配合はスラリー化して用いる粉体急結剤であり、高強度用粉体急結剤を改良したものである。また、A 配合で使用したのは、硫酸塩アルミニウムを主成分とするアルカリフリー液体急結剤である。この配合は、冬季における吹付け直後の急結性を向上させるための暫定的な配合であり冬季以外では、単位セメント量 450kg/m³、急結剤添加率 9%（標準添加率）の配合で実施している。いずれの配合とも、高強度吹付けコンクリートの基準（材齢 3 時間 2 N/mm²、材齢 1 日 10 N/mm²、材齢 28 日 36 N/mm² の圧縮強度）を満足することを事前の試験で確認した。

2.2 粉じん測定

粉じん計の配置位置を図 - 1 に示す。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（以下「ガイドライン」という。）」では、測定位置は切羽から坑口に向かって 50m 程度離れた位置とされているが、今回は坑内作業環境位置での粉じんの分布を把握することを目的とし、計 6 箇所の位置において、光散乱式粉じん測定器（柴田科学器械工業㈱；LD-3K）を用いて測定した。また、吸引式粉じん計ローボリュウムエアサンプラーによる粉じん濃度の測定を 50m 位置で測定し、各粉じん濃度測定位置において、風向および風速の測定を併せて行った。両トンネルともに換気方式は送気式であり、A トンネルの換気量は 2600 m³、風管位置が切羽から 60 m 程度、B トンネルの換気量は 1200 m³、風管位置が切羽から 35 m 程度である。

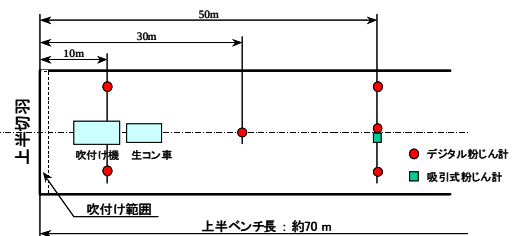


図 - 1 粉じん濃度測定の位置図

3. 試験結果

3.1 吸引式粉じん計による粉じん濃度の測定結果

質量濃度換算係数 K 値を求めるために測定を行った吸引式粉じん計ローボリュウムエアサンプラーによる粉じん濃度の測定結果を表 - 2 に示す。なお、サンプラーによる測定は、計測器設置後、吹付け開始前か

キーワード：吹付けコンクリート、粉じん濃度、スラリー急結剤、液体急結剤、粉じん測定器

〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 Tel: 042-791-1621 Fax: 042-791-2380

ら、吹付け作業終了後数分間まで継続的に測定した。そのため、表中の質量濃度は、吹付け作業をしていない時間帯も含んだものとなっており、粉じん濃度が小さい吹付け作業をしていない時間帯も含んでいる。従って、いずれのケースとも、粉じん濃度はガイドラインに示されている 3 mg/m^3 以下となった。今回使用した光散乱式粉じん測定器の K 値は、ガイドラインでは 0.003 と示されている。サンプラーから求められた K 値は、粉体急結剤を用いた $H-1$ や $H-2$ に比べて、3.2 で述べる粉じんの低減効果が認められる配合の方が大きい結果であった。

3.2 粉じん濃度測定結果

各トンネルにおける相対粉じん濃度の経時変化を図 - 2 ~ 図 - 5 に示す。なお、10m と 50m は各測定点の平均値であり、図中の破線はローボリュームサンプラから求められた K 値を用いて算出した、ガイドラインの目標値 3 mg/m^3 の値を示している。A トンネルは、 $H-1$ 配合の 10m 地点では吹付け時の定常状態が概ね $1500 \sim 2000 \text{ cpm}$ 程度であったのに対して、 S 配合では 1000 cpm 以下と発生粉じんの低減効果が認められる。B トンネルでも、同様に粉じんの低減効果が認められ、 $H-2$ 配合では目標値 3 mg/m^3 の値を上回る結果であるのに対して、 A 配合では目標値 3 mg/m^3 を満足する結果となっている。

$H-1$ 配合と $H-2$ 配合を比較した場合、10m 位置での相対粉じん濃度は、各々 $1500 \sim 2000 \text{ cpm}$ 程度であるが、A トンネルでは 30m, 50m の位置では 10m 位置の約半分の粉じん濃度となっている。これに対して、B トンネルについては、各測定位置に粉じん濃度に顕著な差異は認められない。このことは、今回試験施工を行ったトンネルの換気条件が異なったためと考えられ、換気条件が坑内環境に及ぼす影響を把握し、吹付けコンクリートによる粉じん低減効果と併せて坑内環境改善について検討する必要があることを示唆するものである。

4. まとめ

今回の試験施工から、以下の知見を得た。

- (1) 粉体急結剤を用いた配合に比べて、 S 、 A 配合の低粉じん型吹付け工法は K 値が大きいことが分かった。更なるデータの蓄積が必要と思われるが、使用する急結剤種類などで K 値が異なる可能性を伺わせる結果であった。
- (2) S 、 A 配合の低粉じん型吹付け工法は、従来の粉体急結剤を用いる吹付けコンクリートに対して、粉じん低減効果が認められ、相対粉じん濃度はほぼ半分の値となっている。

これらの実情を踏まえ、吹付けコンクリートの評価に加えて、工事全体の換気設備に関する規模や配置などを考慮し、坑内環境改善や経済性などを総合的に検討することが重要であると思われる。

最後に、今回の試験施工に際してご協力を頂いた関係各位に感謝の意を表します。

表 - 2 ローボリュームエアサンプラーによる粉じん濃度測定

トンネル名	配合種別	採取時間 (分)	採取量 (m^3)	粉じん量 (mg)	総カウント数	相対濃度 (cpm)	質量濃度 (mg/m^3)	K 値	ガイドライン K 値での濃度 (mg/m^3)
		①	②	③	④	⑤=④/①	⑥=③/②	⑦=⑥/⑤	⑧=⑤×0.003
A	H-1	103	1.545	1.2	44,757	435	0.78	0.00179	1.31
	S	90	1.350	1.2	25,056	278	0.89	0.00319	0.83
B	H-2	71	1.065	2.5	83,345	1,174	2.35	0.00200	3.52
	A	46	0.690	1.3	35,644	775	1.88	0.00243	2.32

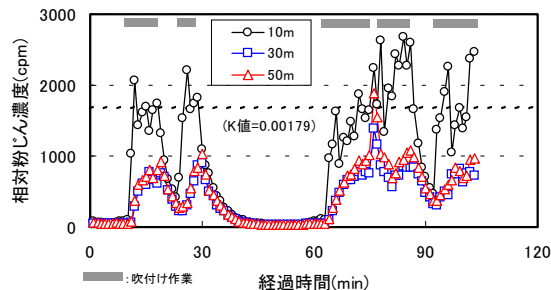


図 - 2 A トンネル ($H-1$) の粉じん濃度経時変化

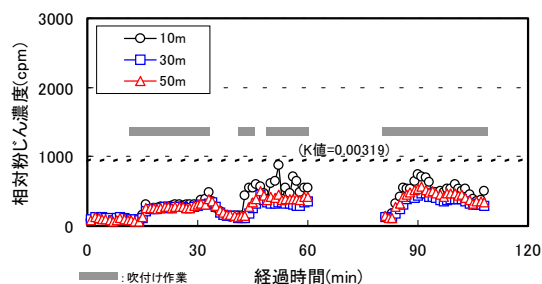


図 - 3 A トンネル (S) の粉じん濃度経時変化

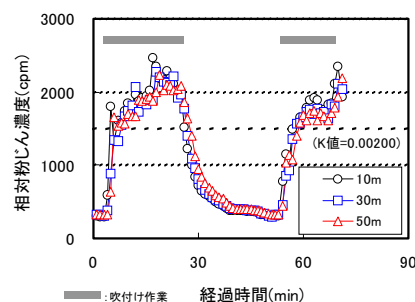


図 - 4 B トンネル ($H-2$) の粉じん濃度経時変化

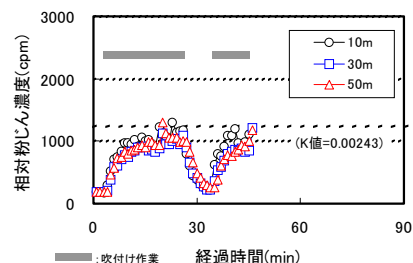


図 - 5 B トンネル (A) の粉じん濃度経時変化