

粉じん低減剤を用いた吹付けコンクリートの性能評価

飛島建設 正会員○地濃 健治, 野地 敦夫
 飛島建設 正会員 平間 昭信, 正会員 岩城 圭介
 栗田工業 正会員 平尾 孝典, 前島 伸美

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。主な粉じん低減対策としては、粉じん低減剤、液体／スラリー急結剤の使用、吹付け機・集じん技術の改善が挙げられる。このうち粉じん低減剤は、適用に際しコンクリート製造設備および吹付け機の大幅な更新を必要としないため、従来から多くの工事で採用されている。水溶性セルロースを主成分とする粉じん低減剤の作用効果は、セメントペーストの粘性増加による材料分離抑制とされる。しかし、過度の粘性付与は、吹付けコンクリートの製造・施工に影響すると考えられ、結果として、期待する粉じん低減効果を発揮できない可能性がある。そこで、徳山ダム国道付替7号トンネルその2工事（発注者：独立行政法人水資源機構）では、製造時の粘性が異なる粉じん低減剤2種類を用いた試験施工を実施し、改良型粉じん低減剤の性能評価を行った。

2. 試験配合

使用材料を表-1に示す。改良型粉じん低減剤DC2は、汎用品DC1のコンクリート製造時の粘性増大を抑制したタイプである。粉じん低減剤は、表-2に示す配合を基本として、表-3に示す添加率で用いた。また、急結剤添加率は、セメント量の7%を目標とした。なお、各配合の試験は、1回の施工量（約10m³）を対象とした。

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 3.16 g/cm ³
細骨材S	揖斐郡揖斐川町鶴見赤石地内産川砂, 密度 2.61 g/cm ³
粗骨材G	揖斐郡揖斐川町鶴見赤石地内産川砂利, 密度 2.66 g/cm ³
水W	河川水
粉じん低減剤DC1	水溶性セルロース化合物, 淡褐色粉末
粉じん低減剤DC2	水溶性セルロース化合物, 白色粉末, 改良型
急結剤Ac	セメント鉱物系, 粉体

表-2 基本試験配合

目標 スランブ (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
10±2	61.9	63.5	223	360	1066	624

3. 試験結果および考察

3.1 製造管理 コンクリート製造では、パン型強制ミキサ（容量 0.5 m³）で練混ぜを行った。各配合・各バッチのミキサ負荷電流経時変化の平均を図-1に示す。

DC1を用いた配合のミキサ負荷電流は、DC2の場合に比べて大きい値を示し、収束に要する時間も比較的長い傾向であった。一方、DC2は、粉じん低減剤無添加のN配合と同等のミキサ負荷電流を示し、練混ぜが容易であったといえる。なお、練混ぜ終了時のミキサ負荷電流は配合間で差異を生じたが、練上りスランブは、各配合とも10-12cm程度であり目標スランブを満足した。

3.2 吹付け条件 吹付け施工は、ピストン式コンクリートポンプ（最大吐出量 30.2 m³/h）、コンプレッサ（定格吐出空気量 12.0 m³/min, 5.8 m³/min）搭載の一体型吹付け機を用いた。

吹付け試験に際して行った吹付け条件のモニタリング結果によると、急結剤添加率が6.8-7.1%、コンクリート実吐出量が12-14 m³/h、ポンプ主油圧力が7.0-8.0 MPa、吹付けエア圧が0.62-0.68 MPaの範囲であり、目標とした急結剤添加率をほぼ満足するとともに、配合間に有意な差がなく安定的な吹付け条件で試験が行われたといえる。よって、ミキサ負荷電流測定結果においてDC1でみられた粘性の増加は、吹付け時の施工性に影響を与えるものではなかったと考えられる。

表-3 粉じん低減剤添加率

配合名	粉じん低減剤	添加率(C×wt%)
N	なし	—
DC1-125	DC1	0.125
DC1-100		0.100
DC2-100		0.100
DC2-080	DC2	0.080

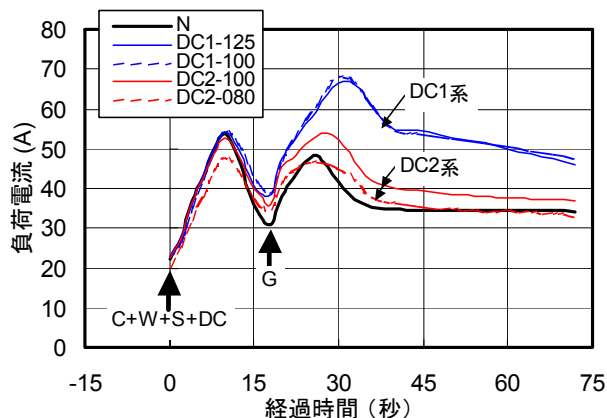


図-1 ミキサ負荷電流の経時変化

キーワード：吹付けコンクリート、粉じん、粉じん低減剤、粘性、圧縮強度

〒501-0801 岐阜県揖斐郡揖斐川町東杉原 475 飛島建設・浅沼組特定建設工事共同企業体 TEL: 0585-52-0235

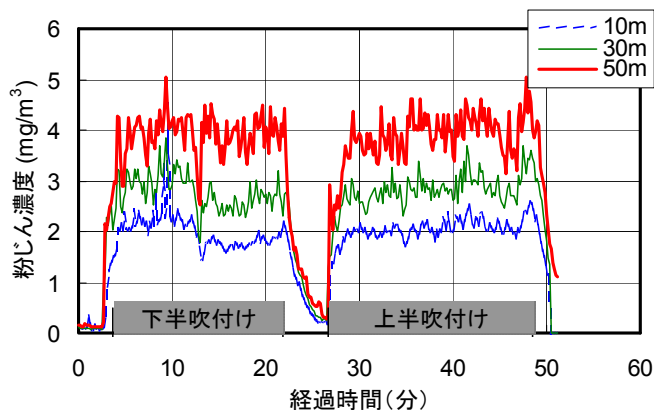


図-2 N 配合の粉じん濃度経時変化

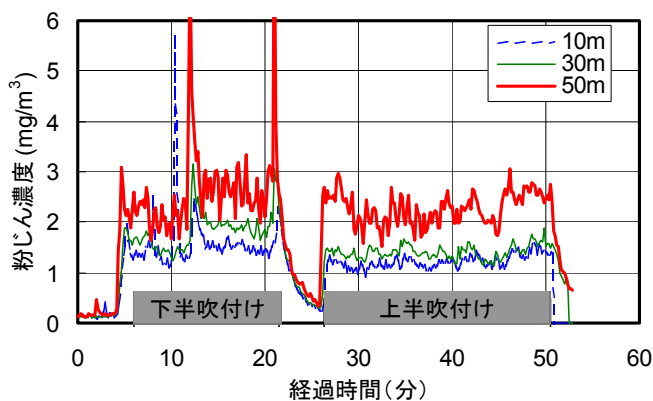


図-3 DC2-100 配合の粉じん濃度経時変化

3.3 粉じん濃度 相対粉じん濃度は、光散乱式粉じん測定器 (LD-1H2) を用いて 10 秒間隔で測定した。測定位置は、切羽から 10, 30, 50 m である。なお、換気条件は通常施工と同様とし、粉じん測定時の風向・風速は 10 m 位置で切羽方向 1.0-3.0 m/sec, 30 m 位置で坑口方向 1.5-2.5 m/sec, 50 m 位置で坑口方向 0.7-2.5 m/sec であった。また、DC1-125 配合では、ローボリュームエアサンプラ ($7.07\mu\text{m}$ 以下) を用いて粉じんを採取し、その質量と光散乱式粉じん測定器の測定結果に基づき、質量濃度換算係数 K 値を算出した。求めた K 値は、 $0.00195 \text{ mg/m}^3/\text{cpm}$ であり、以降の粉じん濃度測定結果に反映した。

粉じん濃度の経時変化の一例を図-2、図-3 に示す。図中には、吹付け時間帯・部位も示した。図-3 に示すように、下半吹付け時の一部測定結果には、吹付け位置に起因すると考えられる異常値が散見された。そこで、

上半吹付け時の比較的粉じん濃度が安定する吹付け開始 1 分経過後から吹付け終了までの時間帯を選定し、平均粉じん濃度を配合ごとに求めた。結果を図-4 に示す。各測定位置の粉じん濃度は、DC2-080 配合を除いて、切羽からの距離に応じて大きくなる傾向であった。10 m 位置では、風管からの新鮮な空気が主体であるため低い粉じん濃度であり、30, 50 m 位置では、坑口方向への粉じんを含む空気流が徐々に減速し、滞留したと考えられる。配合間の違いに関しては、粉じん低減剤を添加した配合で全般的に低い粉じん濃度であり、粉じん低減効果が有効に発揮されたと考えられる。また、粉じん低減剤の添加量・種類に関しては、若干ではあるが、粉じん低減剤添加率が大きいほど、また、DC1 に比べて DC2 で良好な粉じん低減効果を有する傾向が認められた。

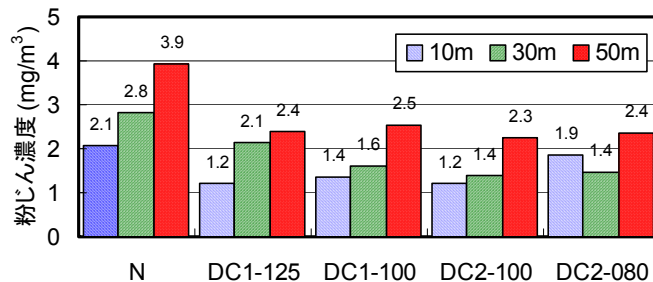


図-4 各配合の上半吹付け時の平均粉じん濃度

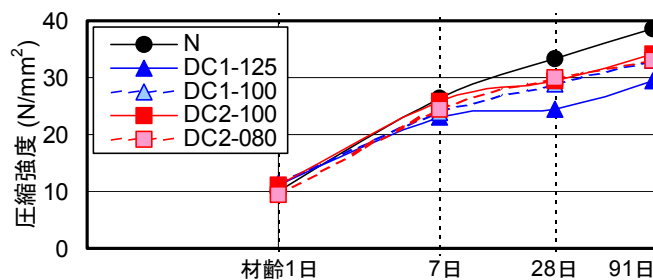


図-5 吹付けコンクリートの強度発現

3.3 強度発現 プルアウト法およびコア採取による圧縮強度の試験結果を図-5 に示す。各配合とも、一般的な基準強度である材齢 24 時間 5 N/mm^2 、材齢 28 日 18 N/mm^2 を満足した。粉じん低減剤の種類による強度への影響に関しては、DC2 で DC1 に比べて良好な強度発現が認められ、コアの単位容積質量からも、DC1 の粘性付与効果によるエントラップトエアが吹付けコンクリートの空隙構造に少なからず影響した可能性が示唆された。

4. まとめ

粉じん低減剤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) 粘性付与効果の高い粉じん低減剤 DC1 は、良好な施工性と粉じん低減効果を有するものの、練混ぜ時の負荷が大きく、製造設備の能力によっては、練混ぜ時間などに課題を有すると考えられる。
- (2) 粘性付与効果の小さい粉じん低減剤 DC2 は、粘性が比較的低いものの、DC1 と同等以上の粉じん低減効果を有するとともに、練混ぜの容易さや強度発現の観点で高い性能を有することが示された。

【謝辞】 試験施工に際し、独立行政法人水資源機構の関係各位に多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。