

高強度対応急結剤を用いた高品質吹付けコンクリートの現場施工試験

日本鉄道建設公団	正会員	小山 昭
住鉱コンサルタント(株)	正会員	末永 充弘
リブエンジニアリング(株)	正会員	門倉 智
北陸幹、青海T(佐藤工業・銭高組・植木組JV)		宮本 雅文
電気化学工業(株)	正会員	石田 積

1. はじめに

高品質吹付けコンクリートは微粉体の混入と分割練混ぜ（SEC）を活用し、コンクリートの粘性と造殻を利用することで所要の分離抵抗性、圧送性を確保し、従来の吹付けと比較して粉じん発生量、リバウンド、品質のパラツキを減らすことを目的に開発され、既に 80 現場程の施工実績を有している¹⁾。

著者らは、高品質吹付けコンクリートの配合条件をもとに設計基準強度 40N/mm²の高強度吹付けコンクリートの配合を選定し、高強度吹付け用のカルシウムサルフォアルミネート系（CSA 系）の急結剤を用いて実トンネルでの施工試験を実施したのでその結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

試験に使用した材料を表-1 に、コンクリート配合を表-2 に示す。CSA 系急結剤の添加率は、従来のカルシウムアルミネート系（CA 系）急結剤（対セメント 7% の標準添加）と比べて 10% と多くなるが、高強度化が可能である。コンクリート配合は、通常の高品質吹付けコンクリート配合（表-2 の下段）と比較して単位結合材量を約 20 kg/m³ 増加させ、水結合材比を 50% に下げた。また、s/a を 65% と単位細骨材量を増加させた。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント、3.16 g/cm ³
シリカフューム	2.2 g/cm ³
石灰石微粉末	100 メッシュ品、2.72 g/cm ³
細骨材	北陸産石灰砂、2.67 g/cm ³
粗骨材	北陸産石灰砕石、2.67 g/cm ³
減水剤	ポリエチレングリコール系高性能減水剤
急結剤	カルシウムサルフォアルミネート系

表-2 吹付けコンクリート配合（下段は通常の高品質吹付けコンクリート配合）

スランブ (cm)	s/a (%)	W/P (%)	W1/P (%)	コンクリート配合 (kg/m ³)						減水剤 P× (%)	急結剤 P× (%)
				W	C	SF	石灰石微粉末	S	G		
8±2.5	65	50	32	190	361	19	119	1074	642	0.5	10
8±2.5	60	57	34	205	342	18	114	965	721	0.4	7

結合材（P）：セメント(C)+シリカフューム(SF)

2.2 吹付け条件

試験は、北陸新幹線青海トンネル（東）工区の掘削切羽で実施した。フレッシュコンクリートの性状を確認した後に吹付けを開始し、強度評価用のプルアウト板およびコアを採取した。リバウンド測定は路盤面にシートを敷設後、約 2 m³ のコンクリートを天端部に吹き付けて求めた。吹付け中の粉じん発生量は、デジタル粉じん計を用いて 2 条件（図-1 切羽元の 6 箇所、切羽から 50m 後方の 3 箇所）で計測した。

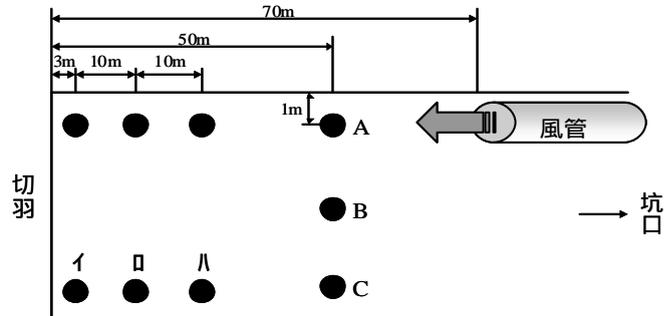


図-1 粉じん測定箇所（トンネル平面図）

吹付け試験は再現性を確認するため、2 回実施した。

キーワード：高品質吹付けコンクリート、高強度、カルシウムサルフォアルミネート、急結剤、粉じん

連絡先：新潟県西頸城郡青海町 電気化学工業（株）青海工場 セメント特混研究所 Tel 0255-62-6311

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリート性状

表-3にフレッシュコンクリートの性状を示す。表中の No. 1、2 は今回の試験結果、参考は通常の高品質吹付けコンクリート（表-2の下段配合）による青海トンネルでの実績値を示す。粘度測定はコンクリートを5mm篩でウェットスクリーニングしたモルタルをモルタルフロー、室賀式羽根沈入型粘度測定器²⁾を用いて測定した。No.1と2のコンクリートは参考に比べて塑性粘度が大きく、また降伏値が高くなっているが、いずれも圧送性が良く、支障なく吹付けができた。

3.2 強度発現性

表-4に強度発現性を示す。材齢3、24時間強度はプルアウト試験、材齢7、28日強度はコアリング後に所定養生した試験体の圧縮強度である。材齢28日強度はすべて配合強度（56 N/mm²）を上回り、なおかつ管理供試体強度の97～101%であり、急結剤添加による強度の低下がほとんど認められない。これは高強度吹付けコンクリート用のCSA系急結剤が従来のCA系急結剤と比べてアルカリ成分量が少なく、また硫酸成分をより多く含むために特に初期の水和過程でエトリンガイトを多く生成して空隙を充填する効果があるためである。

3.3 リバウンドおよび粉じん

リバウンドは、No.1で16.3%、No.2で14.4%の測定結果が得られ、比較的バラツキが小さく、しかも少なかった。これは本試験の配合が表-2に示すように通常の高品質吹付け配合に比べ、単位結合材量と細骨材量を増やして粗骨材量を減らし、表-3に示すようにコンクリートの粘性を増加させたことが一つの要因である。

粉じん濃度の測定結果を表-5と図-2に示す。切羽元6点の測定では切羽近く（図-1中のイ）で多く、遠ざかるにつれて少なくなる傾向が認められた。切羽の後方50mでは吹付け開始から約5分で定常状態になり、常に3 mg/m³以下の測定結果が得られた。

4. まとめ

- (1) 配合を水結合材比(W/(C+SF)) 50%、単位結合材量(C+SF)を380 kg/m³に変え、高強度吹付けコンクリート用CSA系急結剤を用いた結果、材齢28日強度が約60 N/mm²の吹付けコンクリートが得られた。また、管理供試体強度と比べてほとんど強度低下が認められず、CSA系急結剤の有効性が確認された。
- (2) 切羽の後方50mで実施した粉じん測定では、吹付け開始から約5分で定常状態になり、粉じん濃度は常に3 mg/m³以下であり、本配合が坑内環境保全上も優れていることが確認された。
- (3) フレッシュコンクリートの粘性を増加させることが施工性向上の有効な手段となり得ることがわかった。また、粘性指標として羽根沈入型粘度計による測定値が活用出来るものと考えている。

「参考文献」

- 1) 伊藤・越智・末永他：分割練混ぜによる新吹付けコンクリートの施工実態 土木学会第54回年次学術講演会 1999
- 2) 室賀・伊達・大須賀：モルタルの粘性評価試験装置の開発 土木学会第55回年次学術講演会 2000

表-3 フレッシュコンクリートの性状

No.	スランブ (cm)	モルタル フロー (mm)	塑性粘度 (Pa·s)	降伏値 (Pa)
1	9.0	157	18	1343
2	11.0	170	28	806
参考	15.5	171	8.5	333

表-4 吹付けコンクリートの強度発現性

種類	No.	各材齢と圧縮強度 (N/mm ²)			
		3時間	24時間	7日	28日
吹付け	1	3.10	19.0	39.0	57.6
吹付け	2	3.20	19.2	44.2	60.8
管理供試体	1	/		43.8	59.5
管理供試体	2	/		42.9	60.2

表-5 粉塵濃度の測定結果 (mg/m³、切羽元6箇所)

(測定点)	イ	ロ	ハ
A側	3.96	2.44	1.60
C側	3.44	1.28	1.16

各測定点の結果は5回測定の平均値。換算K値：0.04

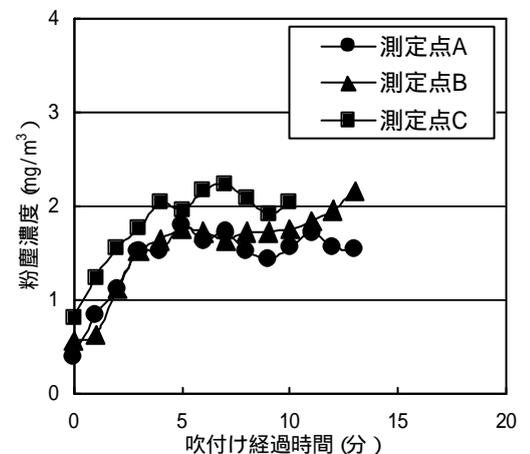


図-2 粉塵濃度の変化 (切羽後方50m)