

エアレス吹付の現場試験施工

(株)フジタ

正会員

○鈴木 裕一

土屋 敏郎

野間 達也

(株)リブコンエンジニアリング

正会員

門倉 智

(株)ポゾリス物産

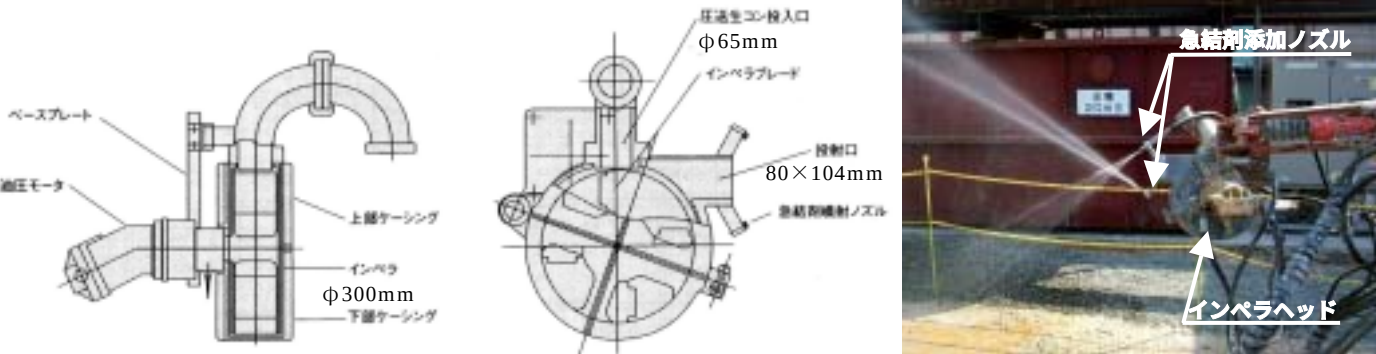
白谷 幹雄

1. はじめに

圧縮空気を用いない吹付方式（以下エアレス吹付）は、現在一般的な圧縮空気を用いた吹付方式（以下エア吹付）に比べ、発生粉じんを抑制出来ることが知られており、山岳トンネルなどにおける作業環境の改善方法として期待されている。立坑の一次覆工などでは、エアレス吹付の実施工事例もあり、優れた粉じん低減効果を示しているため、山岳トンネルにおいてもエアレス吹付の早期実用化が望まれている。著者らは、前報¹⁾にて山岳トンネル一次覆工用に開発されたエアレス吹付システムの現場試験施工を行ない、粉じん低減効果を確認した。今回は、同様の現場試験施工を行ない、コンクリート配合や急結剤添加率の変化に伴う吹付コンクリートの付着性や初期強度、粉じん低減効果について確認を行った。

2. エアレス吹付システム概要

試験施工に使用したエアレス吹付システムは、吹付ロボットのアーム先端部にインペラヘッド（IHI—リブコンエンジニアリング製、図—1）を搭載し、ポンプ圧送されたコンクリートをインペラの回転打撃によって吹付面に投射する方式となっている。急結剤は液体急結剤を使用し、投射された直後のコンクリートに2本のノズルから噴霧された急結剤を外側から添加する方式（図—2）を採用している。



図—1 インペラヘッド構成図

図—2 急結剤噴出状況

3. 試験施工概要

試験施工に使用した使用材料およびコンクリート配合を表—1に示す。

表—1 吹付コンクリート配合および使用材料

スランプの範囲 (cm)	セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/cm ³)				減水剤 (C×%)	急結剤添加率 (C×%)
				W	C	S	G		
15±2.5	早強	47.7	60.0	210	440	975	686	0.6～1.0	5,7,9
15±2.5	普通	45.0	60.0	202	450	938	661	0.9	9,11
セメント：普通・早強ポルトランドセメント 比重 3.16 細骨材：岡山県産砕砂 比重 2.50 粗骨材：岡山県産砕石 比重 2.64 最大寸法 13mm 減水剤：ポリカルボン酸系（NMB社製） 急結剤：水溶性アルミニウム塩系（NMB社製）									

キーワード 山岳トンネル、吹付コンクリート、粉じん、エアレス、液体急結剤

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 TEL:046-250-7095 FAX:046-250-7139

セメントは、付着・初期強度に優れると期待される早強セメントと、通常使用される普通セメントの2種類を用いた。吹付時の液体急結剤の添加により、コンクリートの水セメント比が増加するため、ベースコンクリートの水セメント比を小さくし、スランプの調整を高性能減水剤で行った。試験施工は、トンネル切羽（掘削断面積 71.2m²）のマイクロベンチ上半部において行い、液体急結剤の添加率を5～11%に変化させ、計5回（吹付量3～5m³）の吹付を行った。計測項目は、付着状況（目視）・粉じん濃度（デジタル粉じん計使用）・初期強度（箱吹付で採取した試料のメイコ針貫入試験器による推定強度）とした。粉じん濃度については、通常配合によるエア吹付との対比も行った。

4. 試験施工結果および考察

試験結果の一覧を表－2に示す。付着状況は、今回の試験では早強セメントと普通セメントによる顕著な差は認められず、液体急結剤の添加率と高い相関を示し、添加率の増加に伴い良好な付着状況が得られた。なお、いずれの場合でも、吹付厚が10cmを越えると吹付の剥落が生じ、地山が露出する現象が観察された。

初期強度は、最も良好な付着を示した普通セメント＋添加率11.3%の場合が最も高くなっているが、付着状況と初期強度には顕著な相関は認められなかった（図－3）。また、急結剤の混合不良によると考えられる強度のばらつきが認められ、部分的に低強度の箇所が生じていた。この強度のばらつきが、吹付後の剥落の要因となっている可能性が高い。

粉じん濃度に関しては、セメントの種類・急結剤添加率によって大きな差はないが、いずれの場合もガイドライン目標値(3mg/m³)を下回っており、極めて良好な結果が得られた（図－4）。

5. まとめ

今回の試験施工より、エアレス吹付は粉じん低減性に優れることが改めて確認された。一方、厚吹きに難がある、コンクリート強度に不均質が生じる等の品質面や、ベースコンクリートの水セメント比を小さくする必要がある、急結剤添加率を高くする必要がある等の経済面での課題が残されている。これらの課題を解決するためには、急結剤添加方法を含めた機械的改良や基礎実験によるデータの積み上げを行なった上で、現場試験施工によるノウハウの蓄積等が必要である。

参考文献

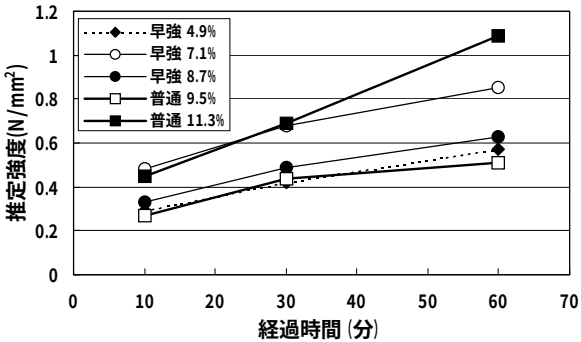
1) 中川ほか：圧縮空気を用いない吹付方式の試験施工,平成13年度全国大会第56回年次学術講演会概要集, VI-240,2001.

表－2 試験結果一覧

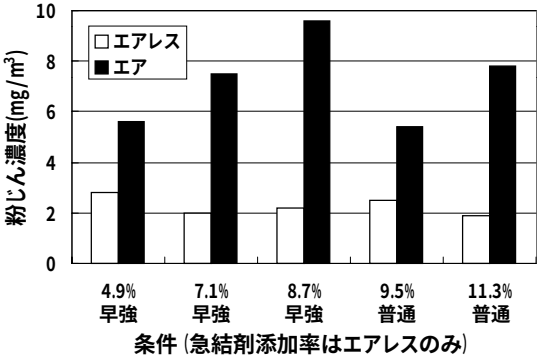
	セメント	配合		スランプ (cm)	急結剤 添加率 (実測) C×(%)	付着状況				粉じん濃度		初期強度		
		W/C	s/a			薄吹(<10cm)		厚吹(>10cm)		エアレス	エア	10min	30min	60min
		(%)	(%)			側壁	天端	側壁	天端	(mg/m ³)		(N/mm ²)		
1	早強	47.7	60.0	17.5	4.9	○	△	×	×	2.8	5.6	0.29	0.42	0.57
2	早強	47.7	60.0	17.5	7.1	○	△	△	×	2.0	7.5	0.48	0.68	0.85
3	早強	47.7	60.0	17.5	8.7	◎	○	△	×	2.2	9.6	0.33	0.49	0.63
4	普通	45.0	60.0	16.0	9.5	◎	○	○	△	2.5	5.4	0.27	0.44	0.51
5	普通	45.0	60.0	12.5	11.3	◎	◎	○	○	1.9	7.8	0.45	0.69	1.09

付着状況 ◎:非常に良好 ○:良好
△:付着はするが剥落がある
×:剥落が多く自重を保持できない

粉じん濃度: 切羽50m後方、10分間計測の最大値
初期強度: メイコ針貫入試験器による推定強度



図－3 初期強度測定結果



図－4 粉じん濃度測定結果