

大容量高性能吹付けコンクリートシステムの現場適用について

安藤ハザマ 正会員 ○天童 涼太
 安藤ハザマ 森田 亨
 安藤ハザマ 横内 静二
 安藤ハザマ 正会員 多宝 徹

1. はじめに

山岳トンネルの掘削において、吹付けコンクリートの施工時間は掘削サイクルの15%程度と比較的大きな比率を占める。一方、吹付けコンクリートは、通常、時間当りの吐出量が10~15 m³/hで施工され、そのうち20~30%は地山に付着せずにリバウンドとして落下するため、実際の付着量は7~10 m³/hにとどまる。これまでに、当社は、施工速度を2倍にすることを目標に吐出量20 m³/h以上の大容量化とはね返り率15%以下での施工を可能とした大容量高性能吹付けコンクリートシステムを開発し、性能を確認している¹⁾。今回、国土交通省中国地方整備局発注の智頭用瀬トンネル南工事において本システムの長期的な運用を行い、良好な結果が得られたので、ここに報告する。

2. 大容量高性能吹付けコンクリートの概要

本システムは、大容量の吐出と低いはね返り率を両立するため、コンクリートポンプの大容量化や液体急結剤システムの適用などのシステム構築(図-1参照)と、システム構築に伴うベースコンクリートの高品質化の2本柱で構成している。表-1に通常吹付けのベースコンクリートの配合例と智頭用瀬トンネル南工事におけるベースコンクリートの配合を示す。

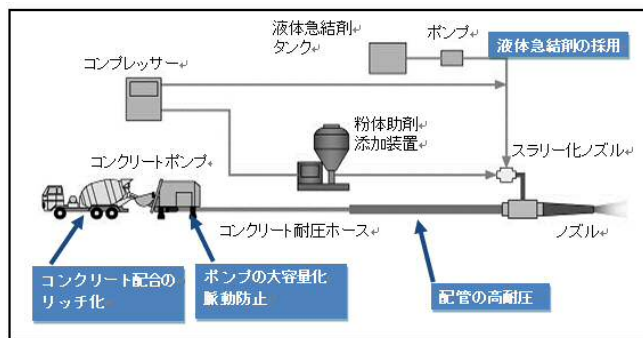


図-1 大容量高性能吹付けシステム概要

表-1 ベースコンクリート配合

	スランプ (フロー) (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 (C×%)	急結剤	
				水	セメント	細骨材 砂 FA	粗骨材			
通常吹付けの例	10±2.0	61.0	62.0	220	360	1045	-	645	1.26	粉体
システム適用後	23±2.0 (45)	50.0	70.0	220	440	1064	119	524	0.8	液体

表-2 支保パターン毎の延長

支保パターン	延長(m)
D I-b	37.0
C II-b	217.8
C II-L	32.1

3. 現場への適用と運用上の改善

智頭用瀬トンネル南工事におけるトンネル施工延長785 mのうち、286.9 m間で本システムを適用した。表-2に支保パターン毎の適用延長、図-2にC II-bの支保パターン図を示す。

以下に、本工事での長期運用により、得られた知見について述べる。

3.1 大容量を実現するためのノズルワーク

本システムでは、コンクリートが従来約2倍の速度で地山に付着するが、コンクリートの瞬結性能そのものは、それに追従するほどは向上していない。そのため、特定の箇所重点的に厚吹きすると、従来の2倍の速度で付着するコンクリートの自重による落下のリスクが高まる。吹付けのノズルワークにおいては、薄くはけ塗りのようなイメージで一層毎に仕上げていくことで、適切な施工が可能である。

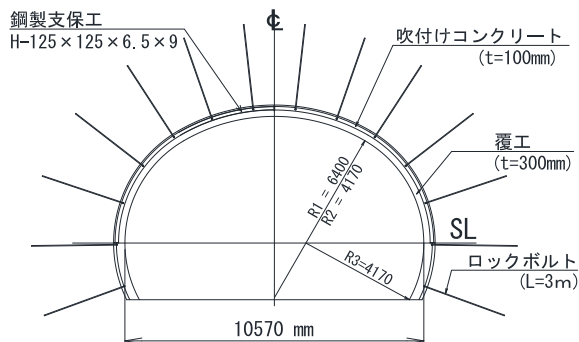


図-2 支保パターン図 (C II-b)

キーワード 吹付けコンクリート, NATM, 大容量吹付け, 低リバウンド, 液体急結剤

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 (株)安藤・間 TEL 03-6234-3673

3.2 長期運用におけるトラブルと対応

現場適用に当たっては、事前に想定し得ない様々なトラブルの発生を覚悟していたが、長期運用の期間を通じて、大きなトラブルは発生しなかった。ただし、大容量化に伴い、従来の吹付けコンクリートと比べて圧送時の圧力が大きくなるため、軽微な機械不良が原因となるトラブルが発生した。

例えば、コンクリートポンプの面板部の隙間からコンクリートのモルタル分が流出することにより、配管内が脱水閉塞するトラブルが複数回発生した。これは、ポンプ洗浄時の洗い残しが固結し、面板部の密閉が不完全になったことによるものであり、その後は洗浄を徹底することにより、閉塞を回避することができた。他に、吹付けノズルやスラリー化ノズルなどは、負荷が大きくなるため、交換のサイクルを短くする必要があった。

また、ベースコンクリートは、高い流動性と材料分離抵抗性を兼ね備えた配合となっており、材料のバラツキ等により性状が変化し、現場プラントにおける安定出荷が難しくなることが懸念された。しかし、単位粉体量の増加と高性能 AE 剤を用いた配合設計としたことにより、長期的運用においても、コンクリートの性状に関するトラブルは発生しなかった。

4. 適用結果

4.1 はね返り率・時間当りの付着量

写真-1 に吹付けコンクリートの施工状況を示す。本システム適用後は、定期的にはね返り試験を実施した。はね返り率は、概ね 10%程度(表-3 参照)であり、長期適用においても大容量化とはね返り低減が両立できていることが確認できた。また、得られたはね返り率をもとに時間当りの吹付けコンクリート付着量を算出した。システムを適用することにより、従来の吹付けコンクリートの 2 倍以上の施工量が実現できていることが確認できた。



写真-1 吹付け作業状況

表-3 はね返り率と時間当り付着量

	吐出量 (m ³ /h)	はね返り率 (%)	時間当り付着量 (m ³ /h)
適用前	12	30	12×0.7=8.4
適用後	20	10.0	20×0.9=18.0
		4.6	
		13.1	
		12.1	
		平均 10.0	

4.2 施工サイクル向上への寄与

表-4 に施工サイクルを示す。なお、吹付けコンクリート以外のサイクルは、比較のために智頭用瀬トンネル南工事の CII-b パターンの標準的なサイクルとした。

吹付けコンクリートの施工時間を、前後の準備時間を含めた時間で、従来の吹付けコンクリートに比べて、約 47%短縮できることが確認できた。トンネル掘削 1 サイクルに換算すると約 8%短縮効果が得られ、施工サイクル向上に大きく寄与した。

表-4 施工サイクル

作業工程	導入前		導入後	
	サイクルタイム	構成比率	サイクルタイム	構成比率
掘削(穿孔・装薬)	120 分	48.6 %	120 分	52.9 %
ずり出し・コンク・当取り				
鋼製支保工設置	30 分	12.1 %	30 分	13.2 %
吹付けコンクリート	42 分	17.0 %	22 分	9.7 %
ロックボルト	55 分	22.3 %	55 分	24.2 %
合計	247 分	100 %	227 分	100 %

5. まとめ

智頭用瀬トンネル南工事において、本システムを現場適用した結果、長期的な運用においても大容量化(吐出量 20 m³/h)と低いはね返り率(10%程度)を両立させることで、従来の吹付けコンクリートの 2 倍の速度での施工が可能であることが確認できた。また、施工時にはノズルワークに工夫が必要であるが、使用機械や現場プラントでのコンクリートの出荷については大きな問題はなく、長期的に運用可能であることが確認できた。

参考文献：

- 1) 稲田匠吾, 横内静二, 串橋 巧, 嵯峨 豊, 多宝 徹: 山岳トンネルにおける大容量吹付けコンクリートシステムの開発, 土木学会トンネル工学報告集, 第 27 巻, I-29, 2017.11