

全自動プラントと大容量液体急結材吹付機を核とした吹付けコンクリートの合理的施工

西日本高速道路(株) 正会員 前田佳克 畔津伸彦
鹿島建設(株) 正会員 板野次雅 ○杉本康平 廣恵なつ美

1. はじめに

吹付けコンクリートは「肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の具体的な肌落ち防止対策に真っ先に挙げられているとおり、トンネル掘削直後の空間や切羽の安全を確保するために最も重要な支保部材である。

その一方で、吹付けコンクリートの生コン性状は、「現場のプラント管理」という特性故に、季節変動に伴う材料温度や骨材表面水率などの変化による影響を受けやすく、同じ製造工程を経ても、練り上がった生コン温度やスランプに違いが出やすい傾向があった。過去の経験から、生コンのスランプと温度は吹付けコンクリートの初期強度発現や施工性に大きく影響することが知られている。

また、そのプラントから切羽に持ち込んだ生コンを、吹付機を介して計画どおりの吐出圧や吐出量、急結材添加率を一定にした施工は、これまでノズルマンの技量に委ねられていた。そこで、新名神高速道路宇治田原トンネル西工事では、吹付けコンクリートの製造から施工までを一定の品質で管理するため、全自動プラントと大容量液体急結材吹付機(写真-1)を導入したので、その実績を報告する。

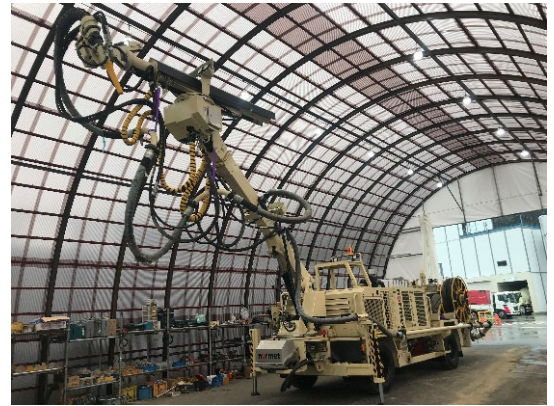


写真-1 吹付機

2. 全自動プラント

従来、スランプ試験や目視確認を通じて、練り上がった生コン性状を判定し、冬場は温水使用により生コン温度を上昇させるような定性的な取組みが図られてきた。本工事では、全ての生コン材料の連続的な温度測定を通じて、全バッチにおいて目標温度での練上げを実現した。また、スランプ管理センサを設置し、事前に落下時間とスランプの相関(図-1)を把握し、その目標値を設定することで、一定スランプの生コン製造を可能とした。温度・スランプの2項目の定量的な品質管理により、生コン性状の安定化を図ることができた(図-2)。

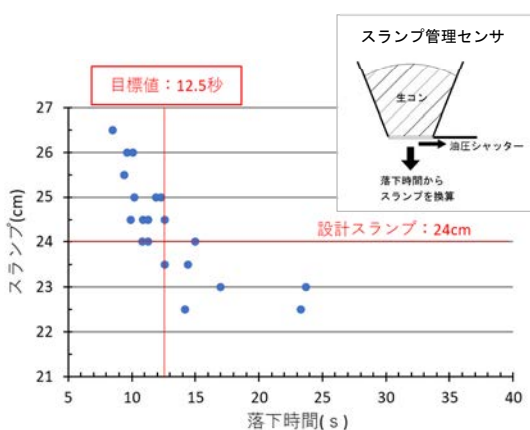


図-1 落下時間とスランプの関係

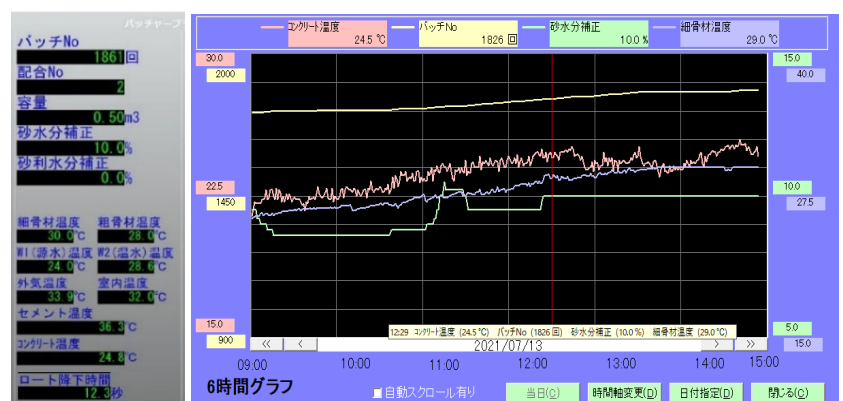


図-2 吹付けコンクリート管理画面

3. 大容量液体急結材吹付機

(1) 仕様

吹付機の仕様を表-1に示す。機械のサイズはコンパクトであるものの、理論吐出量は40m³/hと大容量で吹付けキーワード 大断面トンネル, NATM, 高速道路, 全自動バッチャープラント, 吹付けコンクリート

連絡先 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 2-2-22 鹿島建設(株)関西支店土木部 TEL 06-6946-3311

作動範囲も大きく、大断面トンネルに適している。コンプレッサ・液体急結材搭載型のため、別の台車を用意する必要がなく、エア・急結材ともに圧送距離が短くロスが少ないので、品質の安定化に寄与した。

(2) 液体急結材の採用

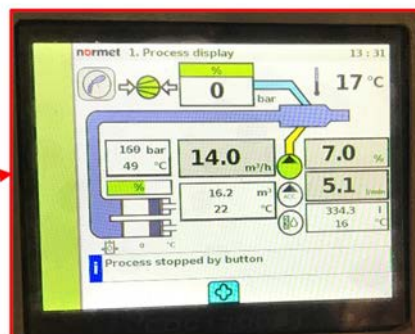
アルカリフリーの液体急結材および高性能減水剤、水和反応制御型の急結助剤を採用した。液体急結材は粉体急結材と違い、添加量を正確に測定できるため、計画どおりの添加率を管理しやすい。表-2に吹付けコンクリート（36N/mm²）の配合を、表-3にピン貫入とコア供試体の圧縮強度試験結果を示すが、いずれも必要強度を満足しており、特に初期強度では十分な結果を得ることができた。また、粉じん抑制にも効果的で、切羽から10m地点での粉じん測定結果は1次吹付け時で平均1.15mg/m³、2次吹付け時で平均1.41mg/m³であり、目標レベルである2mg/m³以下の作業環境を確保することができた。

(3) 3Dスキャン

吹付け機正面にスキャナ本体を設置し、専用のタブレット操作で測定断面の正確な点群データを作成した。スキャン結果は、専用のソフトウェアで分析され、切羽形状、吹付け量と厚みを判定した。この操作と分析を1次吹付け前後の2回行うことで、切羽形状と吹付けコンクリートの厚みを吹付け機搭載のタブレットで見える化した(図-3)。1次吹付け直後に行う鋼製支保工の建込みは、肌落ちの可能性が高く、特に危険な作業であるが、3Dスキャンにより所定の吹付け厚を目視確認することができ、安全性の向上を実現できた。また、この結果を用いて、リバウンド量や吹付け中の地山崩落の大小も判定できた。

(4) 吹付け作業状況のモニタリング

吹付け機前方に設置したモニタに吹付け中の情報を表示することで、ノズルマンはこのモニタを見ながら、現在の生コン・液体急結材の温度、吐出量、添加率といったコンディションをリアルタイムに確認することができた(写真-2)。これらの情報は吹付け機内のPCに自動保存され、データ管理も容易であった。



〈表示項目〉

- ・コンクリート吐出量 (m³/h)
- ・コンクリート累積吹付け量 (m³/h)
- ・コンクリート温度 (°C)
- ・液体急結材添加率 (%)
- ・液体急結材添加速度 (L/min)
- ・液体急結材累積添加量 (L)
- ・液体急結材温度 (°C)
- ・エア圧力 (bar)
- ・コンクリートポンプ油圧 (bar)
- ・コンクリートポンプ油温 (°C)

写真-2 吹付け状況監視モニタ

4. まとめ

全自動プラントと大容量液体急結材吹付け機の導入により、作業員の熟練度によらず、一定品質の生コンの製造および計画どおりの吹付けコンクリート施工が可能となり、掘削初期段階において最も重要な支保部材である吹付けコンクリートの品質を向上させることができた。これにより、練混ぜから切羽吹付けに至る一連のトレーサビリティ管理が可能となり、トンネル施工の自動化へ向けた一要素として捉えることができれば幸いである。

表-1 吹付け機仕様

項目	単位	仕様
型式		SPRAYMEC 8100VC
寸法	全長	mm 14,400
	全幅	mm 2,540
	全高	mm 3,400
重量	kg	14,500
吹付け能力	型式	NSP 40
	理論吐出量	m ³ /h 40
	理論吐出圧力	Mpa 5.1
走行性能	走行速度	km/h Max 15
	登坂能力	% 14
	駆動形式	4輪駆動
定格出力	kW	135
電源ケーブル仕様		3PNCT 100mm ²
吹付け作動範囲(幅-高さ)	mm	16,000 - 14,000

表-2 吹付けコンクリート配合

SL	W/C	s/a	単位量 kg/m ³						
cm	%	%	W	C	FA	S	G	減水剤	急結助剤
24±2	40.0	62.0	204	450	60	951	588	3.57	5.1

表-3 吹付け強度試験結果

		σ 3h	σ 1d	σ 28d
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
基準		2 以上	10 以上	36 以上
試験結果	TD=50 m	3.9	24.2	44.4
	TD=100 m	5.1	27.5	38.6
	TD=144 m	4.3	24.7	43.3

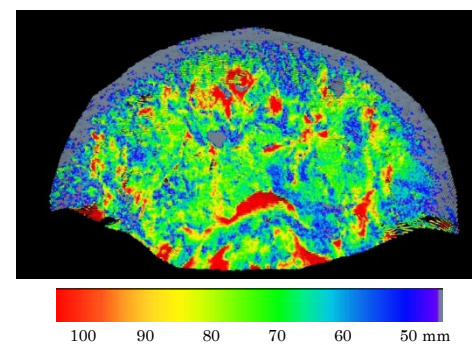


図-3 吹付け厚解析結果