

寒冷地における吹付けコンクリートの温度管理方法の検討

戸田建設株式会社 ○正会員 奥村 正樹 正会員 大橋 英紀
 正会員 守屋 健一 正会員 田中 徹
 非会員 倉橋 雅明 正会員 小沼 宏嗣

1. はじめに

山岳トンネル工事において、吹付けコンクリートは重要な支保部材である。急結剤の種類や添加量が吹付けコンクリートの品質に及ぼす影響は大きい。また、急結剤は温度依存性が高いため、コンクリート温度の変動は吹付けコンクリートの品質変動につながる¹⁾。特に冬期寒冷地では吹付けコンクリートの温度が低下するため、付着性や初期強度を確保するために急結剤の添加量を増加させるなどの対策が行われている。しかし、急結剤の添加量増加はコスト増加や長期強度増進の阻害要因となることが課題である。

今回、吹付けコンクリートを分割練混ぜ方式により製造する際に、一次水を 70℃、二次水を 40℃に制御された温水を使用する。また、ミキサ本体の温度制御と温風ヒーターによりミキサ内を加温することで、コンクリートの練上がり温度を一定に保つ温度管理方法を目的として開発した。

本報告は、コンクリートの品質確保を目的として開発した、温度管理方法を山岳トンネルの実現場で適用した結果について報告する。

2. コンクリート製造設備の概要

図-1 にプラント概要と温度測定位置、写真-1 に練混ぜ水温加温設備、写真-2 にミキサ本体加温設備、写真-3 に温風ヒーターによる加温設備を示す。

練混ぜ設備は、一般的に用いられているプラント設備に各材料温度の自動測定、練混ぜ水の制御装置、ミキサ本体保温設備、ミキサ内用の温風ヒーター設備を追加した。

本工法の特徴を以下に示す。

- 1) 練混ぜ水の制御（一次水 70℃、二次水 40℃）
- 2) ミキサ本体を加温（ミキサ本体を電熱線により 40～70℃程度の温度に任意に加温）
- 3) 温風ヒーターによるミキサ内の加温（練混ぜ時に電気式のジェットヒーターによりミキサ内を任意に加温）

3. コンクリート試験

3. 1 試験概要

表-1 にコンクリートの使用材料、表-2 にコンクリートの配合、表-3 に試験項目を示す。

コンクリートの練混ぜは、調整練り（一次水・粗骨材・細骨材を投入）、一次練り（結合材を投入）、二次練り（二次水・混和剤を投入）の分割練りとした。従来工法は練混ぜ水のみを 40℃に加温してコンクリートを製造した。一方、本工法では一次練混ぜ水の温度、ミキサ本体の加温温度、温風ヒーター温度を調整し、コンクリートの練上がり温度を 20℃程度となるように調整した。コンクリートは製造後、スランプおよびコンクリート温度を測定し、アジテータ車を用いてトンネル坑内に運搬した。

①屋外 ②室内 ③細骨材 ④粗骨材 ⑤練混ぜ水(温水)
⑥骨材貯蔵庫⑦セメント⑧コンクリート

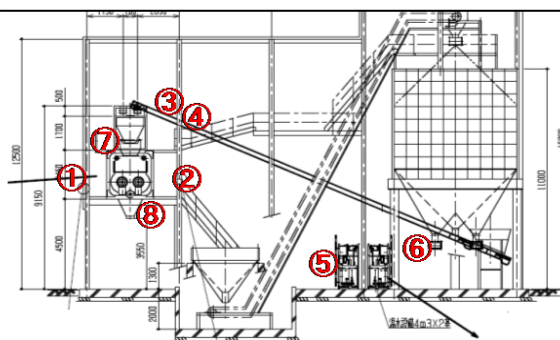


図-1 温度測定位置図



写真-1 練混ぜ水加温設備



写真-2 ミキサ加温設備

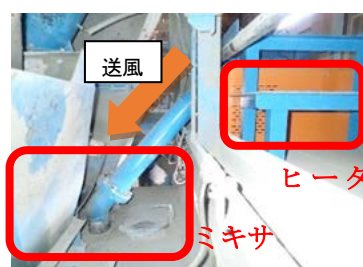


写真-3 ミキサ用温風ヒーター

キーワード バッチャープラント、吹付けコンクリート、コンクリート温度、急結剤

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-18-1 戸田建設(株)技術開発センター TEL 03-3535-2641

表－１ コンクリートの使用材料

分類 (記号)	使用材料
水 (W)	上水道水 (北海道二世郡八雲町)
セメント (C)	普通ポルトランド (密度 3.16g/cm ³ ,)
細骨材 (S)	粗目砂 (せたな町産, 表乾密度 2.60g/cm ³ , 粗粒率 2.46)
粗骨材 (G)	碎石 (北斗市寝朗産, 表乾密度 2.70g/cm ³ , 粗粒率 6.34, 実積率 63%)
混和材 (FA)	フライアッシュ, 密度 2.32g/cm ³ ブレン値 4,200cm ² /g
混和剤 (Ad)	高性能減水剤, ポリエチレングリコール系

24 時間の強度はプルアウト試験を用いて測定し、圧縮強度は、材齢 3 日でコア供試体を採取し、材齢 7、28 日まで封かん養生を行い、試験を行った。なお、急結剤はカルシウムアルミネート系（標準添加量：セメントの質量に対して 9.0%）を使用した。

3. 2 試験結果

図－2 に外気温と各材料温度の関係、図－3 にプラント内温度と骨材温度の関係を示す。

細骨材および粗骨材温度は外気温の低下に伴い低下傾向にあるが、外気温が-5℃であっても 5～12℃程度であった。セメントの温度は外気温の影響は少なく 10～30℃程度であった。プラント内温度は 5～15℃程度であり、骨材の貯蔵ビンはプラント内にあるため外気温の影響が少なかった。

図－4 に骨材温度とコンクリート温度、図－5 に外気温とコンクリート温度を示す。

従来工法は、骨材温度が 8～12℃程度のとき、コンクリート温度は 5～18℃程度となった。一方、本工法は骨材温度が 5～10℃となり従来工法より低いが、コンクリート温度は 18～22℃となった。従来工法は外気温の低下に伴いコンクリート温度が低下したが、本工法を用いることで外気温が-5℃程度となってもコンクリート温度を 20℃程度保つことができた。

表－4 に本工法を用いた吹付けコンクリートの圧縮強度試験結果を示す。

24 時間後の圧縮強度はプルアウト試験により強度を推定した。その結果、本工法を用いた 24 時間後の推定圧縮強度は 9.02N/mm² となり、管理値 8.0N/mm² に対して 1.1 倍程度となった。また、材齢 7、28 日のコア供試体の圧縮強度は材齢 28 日で 36.1N/mm² となり、設計基準強度の 18.0N/mm² に対して 2 倍程度となった。

4. まとめ

- 本工法の適用効果として以下を把握することができた。
- ・外気温が氷点下の環境においても、コンクリートの練上がり温度を概ね 20℃に保つことができる。
- ・24 時間後の推定圧縮強度および材齢 28 日の圧縮強度は設計基準強度を満足することができる。

参考文献

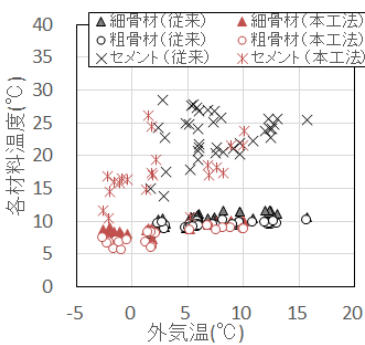
1) 寺村悟, 岩崎昌浩, 平野健吉, 笹川幸男, 中川浩二：各種急結剤と吹付けモルタルの特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.634/V-45, 1999.11

表－２ コンクリートの配合

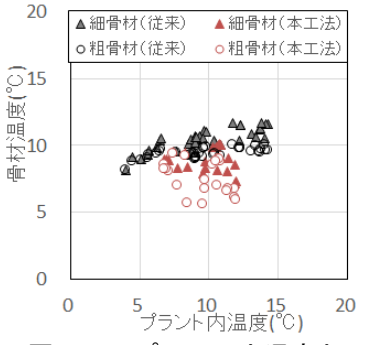
W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
		W1	W2	C	S	FA	G	Ad
55.0	60.0	128	70	360	977	86	743	2.52

表－３ 試験項目

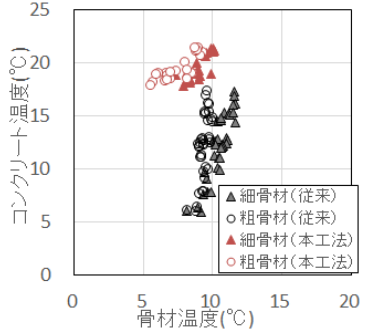
試験項目	規格等	詳細
スランブ	JIS A 1101	目標スランブ：18.0±2.0cm
コンクリート温度	JIA A 1156	—
温度測定	—	屋外、プラント内、粗骨材、細骨材、一次水、二次水
プルアウト試験	JSCE-G-205	24 時間強度を測定
圧縮強度	JSCE-F-561	コア供試体 (材齢 7、28 日)



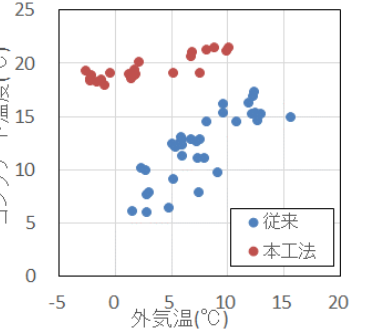
図－2 外気温と各材料温度の関係



図－3 プラント内温度と骨材温度の関係



図－4 骨材温度とコンクリート温度



図－5 外気温とコンクリート温度

表－４ 吹付けコンクリートの強度

種類	圧縮強度(N/mm ²)		
	24 時間※	7 日	28 日
本工法	9.02	20.9	36.1

※24 時間：プルアウト試験による推定圧縮強度