

超凝結遅延剤を添加した吹付けコンクリートの基礎物性

東急建設株式会社 正会員 ○伊藤正憲, 前原 聡, 鈴木将充, 三浦雅也
 山本博司, 中島敏勝, 久米康文
 水資源機構 豊川用水総合事業部 田原支社 鶴沢勝英, 宇都宮淳

1. はじめに

一般的に NATM で構築されるトンネルでは、一次支保材として吹付けコンクリートを施工している。この吹付け作業に使用するコンクリートは、作業の進捗に合わせて昼夜を問わず必要となるため、現場内に仮設のコンクリート製造プラントを設置する機会が多い。しかし、施工ヤードが狭い場合や、民家が近接する場合などでは騒音振動など環境に配慮した施工が求められている。

そこで、一つの解決策として夜間作業に使用するコンクリートは、昼間に生コンプラントで超凝結遅延剤を添加して製造して練置きし、スランプを保持した状態で数時間後に使用することが考えられる。この施工法は、一部の工事では使用された事例はあるが¹⁾、超凝結遅延剤を添加したコンクリートに急結剤を使用して吹付けた場合の基本物性について詳細に検討された事例が少ないのが現状である。

以上より本稿では、超凝結遅延剤を添加した吹付けコンクリートを対象とし、吹付け直後から材齢 28 日までの強度発現性状など、基本的な物性について検討したものである。

2. 試験概要

(1) 使用材料、配合

ここで示す内容は、試験吹付け時に行ったものである。表-1 に使用材料、表-2 に配合表を示す。超凝結遅延剤(以下、SC)は、プラントで生コン製造時に水と一緒に添加し、No.1: 無添加、No.2:C×1%、No.3:C×1.5%の3配合を対象とした。なお、目標スランプは吹付け時に 10±2cm とした。

図-1 に事前に確認したスランプの経時変化を示すが、SC1%添加で約7時間以内、SC1.5%添加で約15時間以内のスランプ保持性能があることが推定できている。

(2) 使用機材

表-3 に使用機材を示す。コンクリートの実吐出量の平均は 11.5m³/h、急結剤の添加率はセメント質量の 3.6~12.6%であった。

(3) 試験項目

表-4 に硬化後のコンクリートを対象とした試験項目を示す。なお、吹付けたコンクリートを対象とした熱分析試験は、No.1、No.2 を対象として材齢 28 日のサンプルのみ対象とした。

表-4 試験項目および方法

試験項目	材齢	試験方法
圧縮強度試験	3, 24時間	JSCE-G 561-2010
	7, 28日	JSCE-F 561-2010, JIS A 1107
中性化試験	28日~	JIS A 1152, 1153 強度試験用のコア試験体のうち、表面部分を含むサンプルを対象。
熱分析	28日	吹付け後、直ちにサンプルを採取し、5mm篩にかけた後、封緘養生。その後、28日でアセトン処理して水和停止。熱分析はアセトンを除去した後、88 μm以下に粉碎した試料を対象とした。

表-1 使用材料

材料	記号	種類
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度3.16(g/cm ³)
細骨材	S	混合砂、密度2.65(g/cm ³)、F.M2.7
粗骨材	G	碎石、密度2.69(g/cm ³)、Gmax15(mm)
混和剤	Ad	AE減水剤標準型 I 種
超凝結遅延剤	SC	アルキルアミノホスホン酸
急結剤	CA	カルシウムアルミネート

表-2 配合

No.	SC (C×%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	S	G	Ad	SC
No.1	0.0								0.0
No.2	1.0	56.0	62.3	202	360	1055	648	2.52	3.6
No.3	1.5								5.4

表-3 使用機材

機械名	型式	重量	電源	備考
吹付けロボット	MR-AX22	3.3t	200V	ベース:油圧シリンダ0.06m ³
吹付機	空気搬送方式 (アリハ'285)	1.55t	200V	能力6~21m ³ /h
急結剤供給機	PAC-250V	0.65t	200V	粉末圧送能力8kg/min

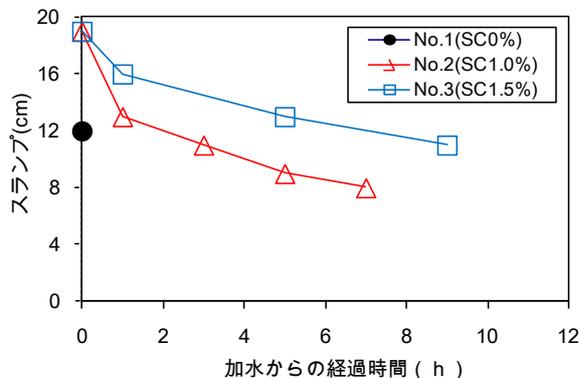


図-1 加水からの経過時間とスランプの関係

キーワード NATM、吹付けコンクリート、超凝結遅延剤、急結剤、圧縮強度、熱分析、中性化

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 Tel:042-763-9507

3. 試験結果および考察

図-2 に急結剤添加率と材齢 24 時間の圧縮強度を、図-3 に材齢 28 日の圧縮強度との関係を示す。急結剤添加率が高くなるに従い初期の強度発現性は高くなり、逆に材齢 28 日の長期圧縮強度は急結剤添加率が高くなるに従い低下する傾向にあった。図-4 に図-2 と同じデータを、SC の添加の有無に分けて図示した。図中に示した回帰式より SC を添加した場合、急結剤の硬化促進機能が阻害されるため無添加と同一程度の初期強度を確保するためには、温度の影響はあるが、急結剤添加率を数%高く設定しておく必要があることが確認できた。

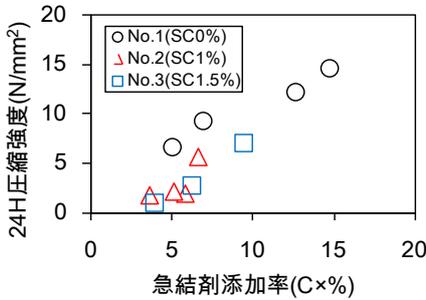


図-2 急結剤添加率と 24H 強度

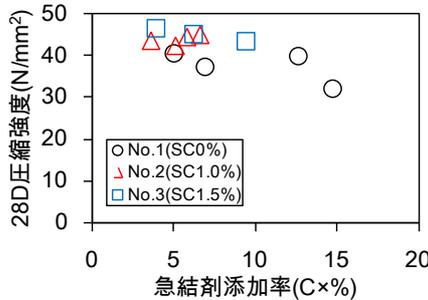


図-3 急結剤添加率と 28D 強度

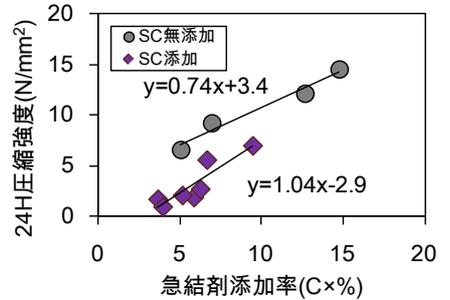


図-4 急結剤添加率と 24H 強度

図-5 に材齢 3 時間から 28 日までの圧縮強度試験結果を示す。ここで示す結果は、急結剤の実添加率 6.2%~6.9%のほぼ同じ添加率データである。材齢の進行とともにいずれも強度は増進する傾向にあったが、前述の通り No.1 は、急結剤の硬化促進作用により比較的初期の材齢における強度発現性が高かった。一方、SC を添加した No.2、No.3 は材齢 24 時間までの強度発現性は低かったが、逆に材齢 7 日以降の強度発現性が高くなる傾向にあり、材齢 28 日時点では SC を添加していない No.1 よりも高い強度となった。

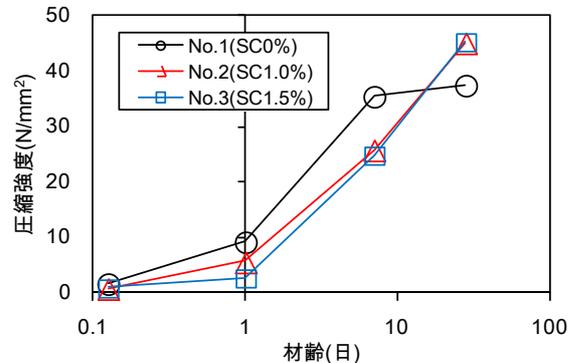


図-5 材齢と圧縮強度の関係

以下では、この結果を考察する。表-5 に No.1、No.2 の試験体の促進中性化深さおよび示差熱重量測定により算出した水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) とエトリンガイト(Ett)量を示す。熱分析により算定したセメントの水和反応の進行程度を示す指標と考えた Ca(OH)₂、Ett 量は SC を添加した場合の方が高くなった。また、促進中性化深さは、一時支保材としての要求性能では重要なものではないかもしれないが、SC を添加した場合、無添加の場合よりも中性化深さは小さくなり SC を添加した場合の方が組織は緻密化していることが確認できた。

表-5 中性化深さと熱分析結果

測定項目	No.1 (SC0%)	No.2 (SC1.0%)
Ett(mass%)	2.61	3.70
Ca(OH) ₂ (mass%)	3.06	5.60
促進中性化深さ	6.0mm	3.6mm

このことから SC の添加は、急結剤の硬化促進機能を若干阻害する傾向にあるが、材齢が進むに従って理想的なセメントの水和反応環境を提供する状態を促し、セメント粒子の表面から平均的に、また、内部に向かって確実な水和を促す傾向にあるものと考えられた。

4. おわりに

今回の検討結果から導水路など NATM で構築されるトンネルの施工の際は、施工ヤードの制約や周辺環境への配慮から現地プラントを建設せずに市中の生コンプラントからコンクリートを供給する方法も一つの選択肢となる。この場合、数時間前にコンクリートを製造しておく必要があり、ここで活用できるのが超凝結遅延剤である。本検討では、この超凝結遅延剤がコンクリートの基本物性に与える影響を評価したが、初期のセメントの硬化作用を若干阻害する傾向にあるため急結剤添加率を数%高く設定する必要はあるが、長期的なセメントの水和は逆に促進する傾向にあり、耐久性を含めた基本的な性能に問題のないことが確認できた。

<謝辞> 本検討を実施するに当たり電気化学工業(株)の荒木氏他、関係者の方々に大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1)岩本容昭ほか、遅延コンクリートを用いたトンネル吹付け工法の適用例、土木学会、第 54 回年次学術講演会、平成 11 年 9 月
- 2)伊藤正憲ほか、吹付けコンクリートにおける圧送前後の品質変化に関する研究、日本コンクリート工学協会、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.22、pp.1369-1374、2000 年 6 月