

新しい液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの強度発現性

(株) ポゾリス物産 ○ 正会員 後藤 勝彦 白谷 幹雄

市毛 将弘 村手 三郎

(株) エヌエムビー 正会員 岩田 雷太

1. はじめに

水溶性アルミニウム塩を主成分とする液体急結剤は、ヨーロッパから技術導入され、吹付け時の粉じんの発生やはね返りが少なく、強度発現性および耐久性に優れ、作業の安全面ではアルカリやけどを起こさないことなどの特長を持ち、設計基準強度 36N/mm^2 の吹付けコンクリートや低粉じん吹付けコンクリートに使用されている。¹⁾²⁾しかし、設計基準強度 18N/mm^2 の吹付けコンクリートに液体急結剤を用いる場合、ポンプ圧送性を確保するためにベースコンクリートのスランプを大きく設定したり、付着性や強度発現性を確保するために水セメント比を小さくしておく必要があり、国内で一般に使用されてきた粉体急結剤を用いる吹付けコンクリートに比べ、ベースコンクリートの単位セメント量が大きくなり、単位水量低減のために高性能減水剤を使用することや、急結剤の使用量が多いことなど、材料コストが割高になることが避けられなかった。以下に、従来の液体急結剤に比べ、材料コストが縮減できるアルカリフリー液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの強度発現性におよぼす各種要因について検討した結果を報告する。

2. 試験概要

(1) 吹付け試験システム

試験に使用した吹付けコンクリートのシステムは、ベースコンクリートをノズル元までポンプ圧送し、吹付けノズルでベースコンクリートと液体急結剤を混合して、圧縮空気により吹き付ける方式である。

(2) 試験に使用した材料

試験に使用したベースコンクリートは、市中の JIS 工場で製造した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は陸砂と

表—1 液体急結剤の主成分および物性

主成分	外観	密度 (g/cm^3 ・20)	pH (20)	塩化物イオン量 ^{*1} (%)	全灰加量 ^{*1} (%)
水溶性アルミニウム塩	淡褐色 ～乳白色液体	1.400～1.500	2.0～4.0	0.01	0.2

^{*1} 分析値例

山砂の混合砂、粗骨材は最大寸法 13mm の碎石を用いた。なお、ポリカルボン酸系の湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤を使用した。表—1 に液体急結剤の主成分および物性を示した。

表 - 2 試験の要因と水準

要 因	水 準
ベースコンクリートの単位セメント量 (W/C)	360 kg/m^3 (50%), 380(50%), 450(42%)
施工時期(ベースコンクリートの温度)	常温期(20) , 冬期(12)
液体急結剤の使用量	7, 8, 9 (Cx%)
混和材(フライアッシュ)の影響	0, 50, 100 (kg/m^3)

(3) 試験の要因と水準

表—2 に試験要因と水準を、表—3 にベースコンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状を示した。

表 - 3 ベースコンクリートの配合およびフレッシュ性状

配合No	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)			NT-1000S (Cx%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			水	セメント	FA ^{*1}			
1	50	60	180	360	-	1.3	20.0	3.2
2	50	60	190	380	-	1.0	21.0	2.9
3	42	60	190	450	-	1.0	21.5	2.7
4	50	60	190	380	50	1.2	19.5	2.5
5	50	56	180	360	100	1.2	21.0	2.4

^{*1} FAはフライアッシュを表し、配合上、細骨材の一部として使用した

(4) 強度試験方法

a) 極初期強度：JSCE-F 561-1999 に規定されるパネル型枠にコンクリートを吹き付け、ASTM C 403-70 に規定されるベネトレーションニードル試験機を用いて材齢 60 分まで測定した。

b) 材齢 3 および 24 時間強度：JSCE-G 561-1999 引抜き方法による吹付けコンクリートの初期強度試験方法によった。

c) 材齢 7 および 28 日強度：JSCE-F 561-1999 に規定されるパネル型枠にコンクリートを吹き付け、材齢 7 日でコア供試体を採取して試験した。材齢 7 日から 28 日までの養生は 20 水中養生とした。

キーワード：山岳トンネル、吹付けコンクリート、液体急結剤、極初期強度、強度発現性

連絡先：〒106-0032 東京都港区六本木 3-16-26 TEL 03-3582-8814 FAX 03-3583-3800

3. 試験結果

図—1～4に試験結果を示した。図には参考としてオーストリアのガイドライン³⁾に示される J2 ラインを併記した。J2 ラインは「厚層をできるだけ早く施工する必要がある場合、湧水箇所、後続の作業により応力が直に発生する地山条件の施工に適用される」強度目標である。

図—1に急結剤の使用量が初期強度におよぼす影響について単位セメント量 360 kg/m^3 のベースコンクリート（以下 C36 と略）を用いた結果を示した。図から、いずれの使用量においても強度発現性は J2 ラインを上回り、急結剤の使用量を増すと 3 時間以内の極初期強度の立ち上がりが増大することがわかる。図—2に初期強度におよぼす単位セメント量の影響を示した。単位セメント量 380 kg/m^3 （以下 C38）および 450 kg/m^3 （以下 C45）のベースコンクリートに急結剤を Cx7% 使用した場合、単位セメント量に応じて初期強度も大きくなり、C45 の材齢 3 時間および 24 時間強度は、設計基準強度 36 N/mm^2 の吹付けコンクリートの目標値である 2 ないし 10 N/mm^2 を満足した。なお、C36 と C38 は共に水セメント比 50% で、ベースコンクリートの単位ペースト量が吹付けコンクリートの性状および強度発現性におよぼす影響を検証したものであるが、今回の試験範囲では吹付け性状および強度発現性能ともに C38 の方が良好であった。図—3は、冬季の施工を想定してベースコンクリートの温度を 12°C とした試験結果であるが、ベースコンクリートの温度が低下すると強度発現性が小さくなることは避けられないが、急結剤の使用量を Cx9% に増加することによって、 20°C の Cx7% 使用時と同等の極初期強度が得られることがわかった。図—4に吹付けコンクリートの配合条件と強度の関係を示した。急結剤の使用量を変化させた場合、材齢 3 時間までの強度は急結剤の使用量が多いほど高くなる傾向にあるが、材齢 24 時間以降の強度は、この傾向が逆転した。単位セメント量と強度の関係は、単位セメント量が多いほど高くなり、C45 の材齢 28 日強度は 36 N/mm^2 以上となった。なお、フライアッシュを細骨材の一部として代替した場合の強度発現性は、フライアッシュを使用していない同一単位セメント量の場合と初期強度は同等で、長期強度の伸びが大きくなる傾向となった。

4. まとめ

これまで、単位セメント量 360 kg/m^3 のベースコンクリートに液体急結剤を使用した例は少ないが、新しい液体急結剤は、従来品に比べ少ない使用量で、所要の強度発現性が得られた。

また、粉じん、リバウンド、付着性能等の吹付け性状は、従来の液体急結剤と同様に良好であった。

【参考文献】

- 1) 液状急結剤で吹付けコンクリートの粉じん対策 国道361号権兵衛トンネルトンネルと地下 vol.35 no.7 2004
- 2) 低アルカリ型液状急結剤「メコ SA163」を用いた吹付けコンクリートの施工性、強度発現性ならびに現場適用例 株NMB 中央研究所研究所報 №15 2004
- 3) Sprayed Concrete Guideline-Application and Testing March 1999, Österreichischer Betonverein.

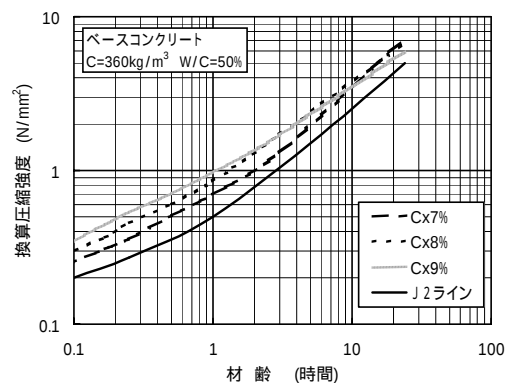


図 - 1 初期強度におよぼす急結剤使用量の影響

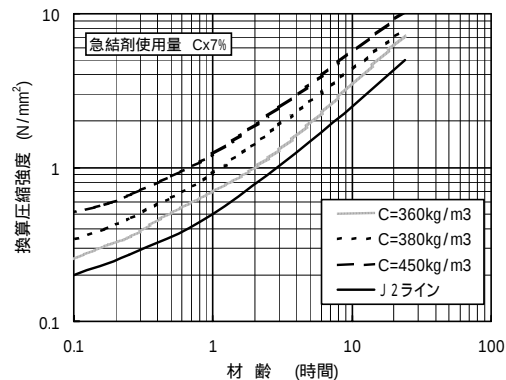


図 - 2 初期強度におよぼす単位セメント量の影響

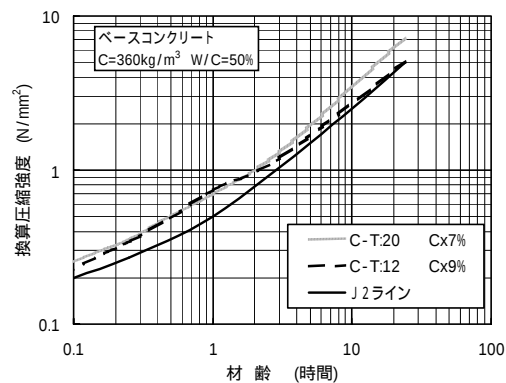
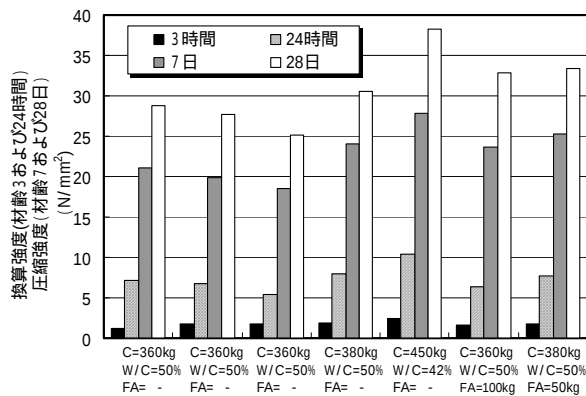


図 - 3 初期強度におよぼすコンクリート温度の影響



ベースコンクリートの配合条件および急結剤の使用量

図 - 4 圧縮強度試験結果