

急結剤の種類が吹付けコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響について

飛鳥建設技術研究所 正会員 平間 昭信

竹中土木技術部 正会員 安藤 慎一郎

電気化学工業特殊混和材研究所 正会員 荒木 昭俊

東京大学国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

近年、トンネルの大断面化，扁平化および各種地下構造物など多様化するニーズや建設費縮減などを背景とし，トンネル支保の形態が次第に変化している。これを反映して，トンネルの支保部材である吹付けコンクリートについては，従来の設計基準強度 18N/mm^2 より高い強度や耐久性など品質の向上が求められている。吹付けコンクリートの高品質化の手法としては，配合（水セメント比の低減，混和材の使用，空気量など）や使用材料（混和材の種類，急結剤の種類など）からのアプローチがほとんどであり，急結剤についてはカルシウムアルミネート系粉体急結剤が主流であったが，要求される品質によって多様化しつつある。

本報告は，急結剤の種類および添加率が吹付けコンクリートの強度発現に及ぼす影響について，湿式吹付け実験および室内実験により検討したものである。

2. 実験概要

2.1 配合および使用材料

表 - 1 に実験の対象とした配合を示し，表 - 2 には使用材料を示す。

2.2 実験方法

(1)吹付け実験

吹付け方式は湿式吹付け方式とし，吹付けシステムはポンプ圧送方式で行った。実施した試験項目および試験方法を表 - 3 に示す。なお，ベースコンクリートとは，急結剤を添加しないコンクリートであり，吹付けコンクリートとの比較のために試験を実施した。

(2)室内実験

実験の対象としたモルタルは，吹付け実験で検討したコンクリート配合から粗骨材を除いた配合に急結剤を添加したモルタルである。なお，練り混ぜ時間および供試体作製時間を確保するために凝結遅延剤として，市販のクエン酸をセメント量に対して 0.8% 添加した。

表 - 1 配合表

スランブ	空気量	水結合材比	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)				
				セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
21 cm	2 %	45.6 %	58.2 %	450	205	960	703	C×0.8%

表 - 2 使用材料

材 料	名 称	密 度 (g/cm ³)	諸 元 , 主 成 分
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16	比表面積 3,260cm ² /g
細 骨 材	千葉県君津市産山砂	2.61	吸水率 1.70%, F.M 2.76
粗 骨 材	東京都八王子産 6 号砕石	2.66	最大寸法 15mm, 吸水率 1.02%, F.M 6.24
混 和 剤	高性能減水剤	1.05	ポリグリコールエステル誘導体
急 結 剤	セメント鉱物系粉体急結剤	2.57	カルシウムアルミネート系 (C A)
	セメント鉱物系粉体急結剤	2.88	カルシウムサルフォアルミネート系 (C S A)
	無機塩系液体急結剤	1.55	アルミン酸塩 (A S)
	アルカリフリー液体急結剤	1.44	水溶性アルミニウム塩 (A F)

表 - 3 試験項目および試験方法

試 験 項 目	試 験 方 法
吹付けコンクリートの初期強度試験 (ブルアウト試験)	土木学会規準「引抜きによるコンクリートの初期強度試験方法(案)」(JSCE-G561)に準拠
	養生方法 : 現場湿潤養生
	試験材齢 : 材齢24時間
ベースコンクリートの圧縮強度試験	JIS A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」に準拠
	供試体寸法 : 100×200mm
	養生方法 : 標準水中養生 試験材齢 : 材齢 7, 28日
吹付けコンクリートの圧縮強度試験	試験は，JIS A 1107「コンクリートからのコア及び切り取り方法並びに強度試験方法」に準拠
	供試体寸法 : 75×150mm
	養生方法 : 標準水中養生
	試験材齢 : 材齢 7, 28日

キーワード：吹付けコンクリート，圧縮強度，急結剤，急結剤添加率，N A T M

連絡先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5472 (TEL) 0471-98-7559 (FAX) 0471-98-7586

3. 実験結果

3.1 急結剤種類、添加率について

図 - 1 および図 - 2 に、セメント系粉体急結剤 CA, CSA について、各材齢における急結剤添加率と圧縮強度の関係を示す。急結剤添加率は、標準添加率を中心に 30 % 増減させた。CA および CSA とも、材齢 24 時間では添加率が高いほど強度発現が良好であるが、材齢の進行とともに添加率が高いほど強度の増進が小さくなる傾向である。

CA と CSA の比較では、材齢 24 時間は 20N/mm^2 程度と差は認められないが、材齢の進行とともに CSA の強度増加は大きく、材齢 28 日で 50N/mm^2 と 2 割程度の高い強度が得られた。

3.2 急結剤添加率と強度比の関係

図 - 3 に、材齢 28 日におけるベースコンクリートに対する吹付けコンクリートの強度比を示す。図に示すように、標準添加率において CA は 0.87, CSA が 1.20, AS が 0.86, AF は 0.65 であった。更なるデータの蓄積や変動係数の把握は必要であるが、吹付けコンクリートの配合を設定するにあたっては、使用する急結剤の強度比を予め知るにより、ベースコンクリートの配合強度を設定することが可能となる。

また、いずれの急結剤とも、急結剤添加率が増加するほど強度比は低下する傾向にあり、吹付けコンクリートの品質変動を抑えるためには急結剤添加率の管理が重要であると言える。

3.3 コンクリート強度とモルタル強度の関係

図 - 4 には、急結剤の種類および添加率を変化させた材齢 28 日における室内実験のモルタル強度と吹付けコンクリートの圧縮強度の関係を示す。図に示すように、両者には高い相関関係が認められたことから、室内実験で得られたモルタル強度から吹付けコンクリートの強度を推定できる可能性が見出せた。

4. まとめ

一連の実験結果より、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) セメント系粉体急結剤は、材齢 24 時間では添加率が高いほど強度発現が良好であるが、材齢の進行とともに添加率が高いほど強度の増進が小さくなる傾向を確認した。
- 2) 急結剤の種類により強度比は異なることから、使用する急結剤の強度特性に及ぼす影響を把握することによって、ベースコンクリートの配合設計に反映することが可能である。
- 3) 室内実験によるモルタル強度と吹付け実験による吹付けコンクリートの圧縮強度に高い相関関係が認められた。

[謝辞]

本研究は東京大学国際・産学共同研究センターと民間企業 16 社との共同研究「高品質吹付けコンクリートの開発」の成果であり、関係各位の方々に多大な協力を得ました。末尾ながら、記して感謝の意を表します。

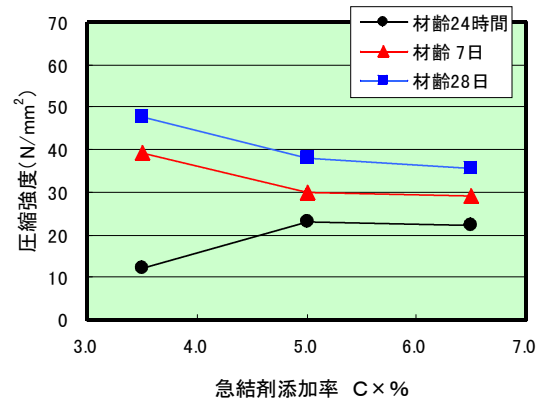


図 - 1 急結剤添加率の影響 (CA)

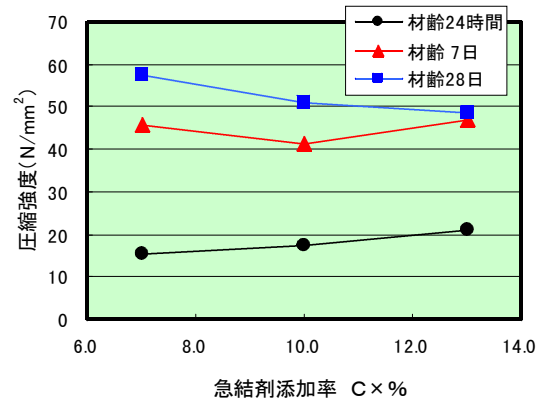


図 - 2 急結剤添加率の影響 (CSA)

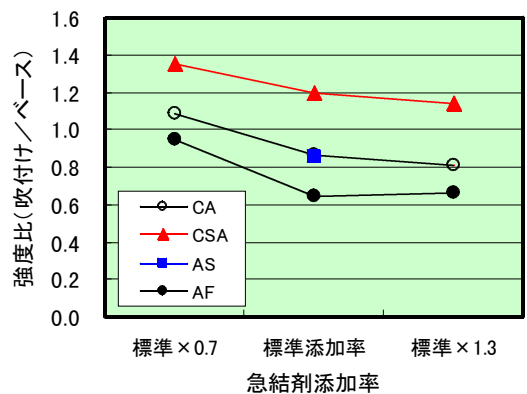


図 - 3 強度比 (材齢28日)

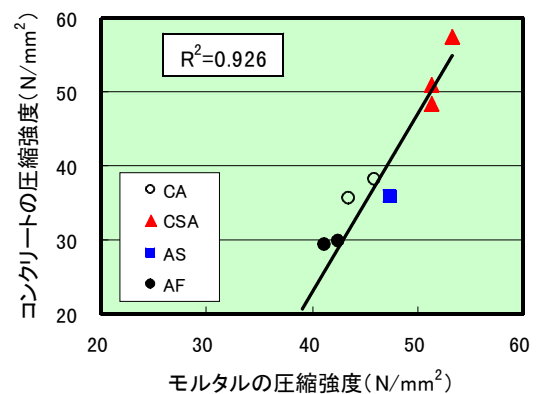


図 - 4 モルタル強度とコンクリート強度の関係