

室内実験における吹付けコンクリートの強度発現性向上に関する検討

飛島建設 土木事業本部 正会員 ○平間 昭信
 国土交通省 東北地方整備局 池口 正晃
 国土交通省 東北地方整備局 檜岡 民幸
 飛島建設 東北土木事業部 正会員 小関 均
 飛島建設 技術研究所 正会員 岡田 朋道

1. はじめに

山岳トンネル工事においては、切羽近傍での作業における落石や、肌落ちによる災害の防止を図るべく、作業方法の改善や切羽監視の強化などを行ってきた。その一つの方法として、鏡吹付けを実施している。

本報告は、掘削直後の切羽作業の更なる安全確保の一つの手法として、鏡吹付けコンクリートの強度発現性向上を提案し、配合、急結剤の種類および急結剤添加率を実験要因とした室内実験を行い、吹付けコンクリートの強度発現性について検討した。その結果について報告する。

2. 室内実験の概要

(1) 使用材料および配合

使用した材料を表-1に示す。室内実験では、コンクリート配合から粗骨材を除いたモルタルに対して急結剤を添加し、その凝結性状を評価した。検討したモルタルの基本となる吹付けコンクリートの配合を選定するために、試験練りを実施した。選定した配合を表-2に示す。

(2) 実験要因および水準

コンクリート配合と急結剤種類および添加率の組み合わせを表-3に示す。なお、急結性を向上させることを目的とした実験であり、急結性に起因する試験体作製時の不具合を回避させるため、練り上がり温度を5℃とすることで急結性を抑え、急結性状を相対的に評価した。

(3) 試験方法

モルタルの練り混ぜ方法、試験体の作製方法は、JSCE-D 102「吹付けコンクリート用急結剤の品質規格」に準じた。なお、試験体の作製は、振動台を用いて10秒程度の振動締固めを実施した。

凝結性状の評価は、JSCE-D 102「吹付けコンクリート用急結剤の品質規格」付属書

「貫入抵抗によるモルタルの凝結時間測定」に準拠し、貫入抵抗値を測定した。併せて、40×40×160mmの試験体を用いて、急結剤を添加したモルタルの圧縮強度試験を実施した。材齢は、1日、7日、28日とした。

表-1 使用材料

材料種別	記号	名称または産地、諸元
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.15 g/cm ³
水	W	井戸水
細骨材	S	伊達郡保原町産川砂, 表乾密度 2.59 g/cm ³ , 粗粒率 2.80, 吸水率 2.84 %
粗骨材	G	米沢市6号砕石, 表乾密度 2.74 g/cm ³ , Gmax 15mm, 吸水率 0.79 %
混和材	Σ	エトリンガイド系混和材, 密度 2.60 g/cm ³
高性能減水剤	Ad	ポリエチレングリコール系高分子化合物
急結剤	Ac1	一般吹付け用 カルシウムアルミネート鉱物系粉体急結剤
	Ac2	高強度吹付け用 カルシウムサルフォアルミネート鉱物系粉体急結剤
	Ac3	瞬結, 初期高強度吹付け用 カルシウムサルフォアルミネート鉱物系粉体急結剤

表-2 コンクリート配合

配合種別	目標スランプ (cm)	水セメント比 ^{*1} W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					高性能減水剤 Ad
			水 W	セメント C	混和材 Σ	細骨材 S	粗骨材 G	
一般	10	64.5	245	380	—	955	673	—
高強度	18	44.7	210	470	—	949	669	C×1.4%
超速硬	18	48.9 (44.9)	220	450	40	921	649	—

※1: 超速硬配合における、W/Cの()の値はW/(C+Σ)である。

表-3 実験要因および水準

急結剤添加率 C×% ^{*1}	練り混ぜ温度 5℃								
	Ac1			Ac2			Ac3		
	5	7	10	7	10	13	7	10	13
一般(N)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
高強度(H)	○	○	○	○	○	○	—	—	—
超速硬(HS)	—	—	—	—	—	—	○	○	○

※1: 超速硬配合における急結剤添加率は、C+Σに対する重量百分率である。

キーワード : 山岳トンネル, 吹付けコンクリート, 初期強度, 急結剤, 肌落ち

連絡先 : 〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地 飛島建設株式会社土木事業本部 TEL: 03-5214-7089

3. 試験結果

(1) 凝結試験結果

一般配合における急結剤 Ac1 の添加率 7%と、Ac2 の添加率を変化させた凝結試験結果を図-1に示す。Ac2 の添加率を大きくすることにより、凝結性状は向上する結果であった。また、いずれの添加率とも、Ac1 に比べて凝結性状は良好であったことから、一般配合において、急結剤の種類を高強度用急結剤である Ac2 に変更することにより、吹付けコンクリートの初期強度を改善できる可能性がうかがえる結果であった。

高強度配合における急結剤 Ac2 の添加率 10%と、Ac1 の添加率を変化させた凝結試験結果を図-2に示す。一般強度用急結剤である Ac1 については、配合を高強度配合とすることにより、凝結性状を改善できることが確認された。しかし、添加率 7%と 10%には凝結性状に差異は認められない結果であった。これは、単位セメント量が 450kg/m^3 であることから、一般的な汎用型の添加量 25.2kg/m^3 より、かなり多量となるために、検討した添加率では凝結性状に差異が生じなかったと考えられる。高強度配合において Ac1 の添加率は、7%程度が上限値であるように考えられる。

超速硬配合における急結剤 Ac1 の添加率 7%と、Ac3 の添加率を変化させた凝結試験結果を図-3に示す。図に示すように、超速硬配合と Ac3 の組み合わせは、極初期材齢における凝結性状は大きく向上しており、吹付けコンクリートにおける初期強度を大きく改善できる可能性がうかがえる結果であった。

(2) 圧縮強度試験結果

急結剤を添加したモルタルの圧縮強度試験結果を図-4に示す。材齢 28 日の圧縮強度は、一般配合で 30N/mm^2 程度、高強度配合および超速硬配合で 50N/mm^2 程度であり、概ね吹付けコンクリートの圧縮強度と合致する結果であった。材齢 1 日において、一般配合と瞬結・初期高強度吹付け用の急結剤 Ac3 の組み合わせでは、圧縮強度が 0.72N/mm^2 と強度発現は遅れる結果であった。凝結試験において、材齢極初期の凝結性状は向上するが、終結前に貫入抵抗値は増加しない結果であった。このことから、Ac3 は混和材Σの組み合わせを基本とした急結剤であり、超速硬配合のみで適切な強度発現性が得られることが確認できた。

4. まとめ

今回の検討から、室内実験により吹付けコンクリートの強度発現性を評価できる可能性が見出せた。ただし、室内実験で評価した配合について、吹付けコンクリートでの強度発現性を確認し、室内実験の結果を検証する必要がある。

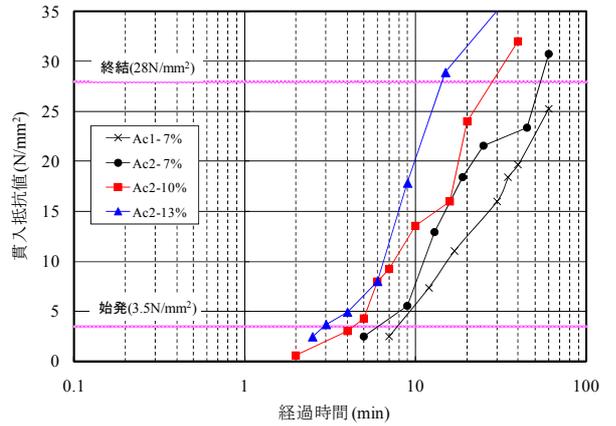


図-1 凝結試験結果：一般配合

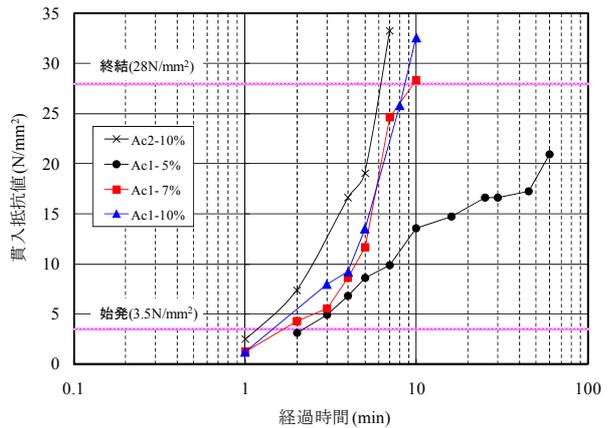


図-2 凝結試験結果：高強度配合

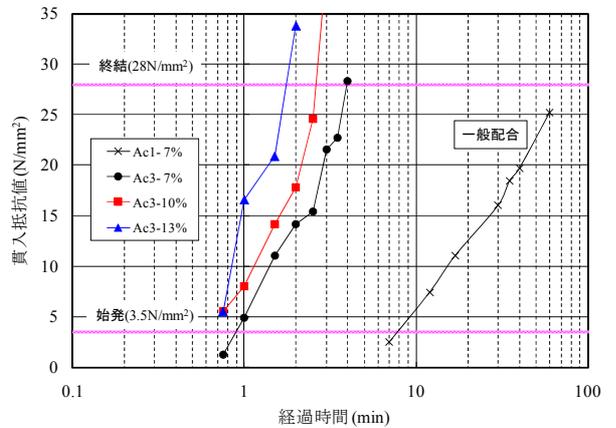


図-3 凝結試験結果：超速硬配合

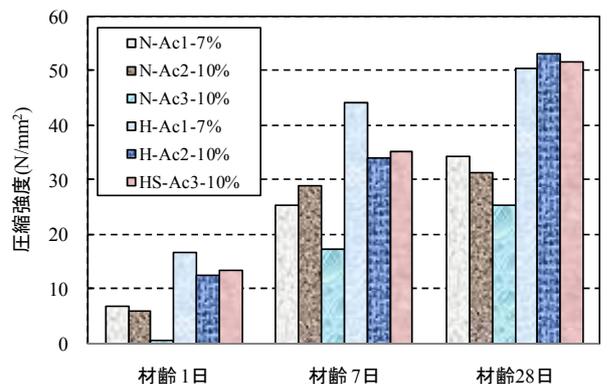


図-4 圧縮強度試験結果