

液体系急結剤を用いた吹付けコンクリートのはね返り率および初期強度発現性の検討

戸田建設株式会社 正会員 〇守屋 健一 正会員 田中 徹
株式会社フローリック 正会員 西 祐宣

1. はじめに

NATM 工法で用いられる吹付けコンクリートの急結剤は、一般的に水和活性が高く急結性に優れたカルシウムアルミネート系の粉体系急結剤が使用されている。近年、吹付け時に発生する粉じん量低減の観点から液体系急結剤の使用が増えている。しかし、粉体系急結剤と比較して、急結性や初期強度の発現性は低く、初期強度の発現を確保するためにセメント量を増やすなど配合面での調整が必要となる。

本報告は、増粘剤を含有した混和剤を用いたベースコンクリートに液体系急結剤を添加した吹付けコンクリートの性能把握を目的として、模擬トンネルを用いた吹付け試験を行った結果について報告する。

2. 試験の概要

2. 1 使用材料およびコンクリートの配合

表 1 に試験に用いた使用材料、表 2 に吹付けコンクリートの配合を示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材率は 60%一定とし、細骨材の一部にフライアッシュを 50 kg/m³ (以下、FA50) および 100kg/m³ (以下、FA100) 添加した。目標スランブは 20±2cm、単位水量は 200kg/m³一定とし、混和剤の添加率によってスランブを調整した。また、混和剤は、増粘剤の効果を把握するために増粘剤を含有する増粘剤含有高性能 AE 減水剤 (以下、Ad1) と増粘剤含有高性能減水剤 (以下、Ad2) の 2 種類と通常の高性能減水剤 (以下、Ad3) を用いて、比較試験を行った。混和剤の添加量は増粘剤を含有した混和剤 (Ad1、Ad2) と Ad3 は同一添加量の 2.40kg/m³ とした。急結剤は酸性液体急結剤 (C×8mass%) と粉体助剤 (C×4mass%) を併用した液体系急結剤を用いた。

2. 2 試験項目および試験方法

表 3 に試験項目および試験方法、表 4 に試験に使用した設備および条件を示す。試験は模擬トンネル (内空=5.2mm、高さ=4.4m、延長=20m) を用いて吹付けを行い、はね返り率試験、プルアウト試験および圧縮強度試験を実施した。吹付け前のベースコンクリートはプラントで製造 (1.5m³/配合) し、表 4 に示すコンクリートポンプ、吹付けロボットおよび急結剤添加装置を用いて吹付け試験を行った。

表 1 試験に用いた使用材料

種類	記号	銘柄	品質・主成分
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度=3.15g/cm ³ ，比表面積=3340cm ² /g
細骨材	S	新潟県姫川産砕砂	表乾密度=2.61g/cm ³ ，吸水率=1.95%，粗粒率=2.76
粗骨材	G	新潟県姫川産砕石，最大寸法 15mm	表乾密度=2.66g/cm ³ ，吸水率=1.07%，粗粒率=6.92
フライアッシュ	FA	JIS II種品	密度=2.29 g/cm ³ ，比表面積=3660cm ² /g
混和剤	Ad1	増粘剤含有高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系化合物と界面活性剤系特殊増粘剤
	Ad2	増粘剤含有高性能減水剤	特殊増粘剤とポリカルボン酸化合物
	Ad3	高性能減水剤	ポリエチレングリコール系高分子化合物
液体系急結剤	AF	酸性液体急結剤	アルミニウム塩
		カルシウムアルミネート系粉体助剤	カルシウムアルミネート系

表 2 コンクリートの配合

記号	減水剤	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)								吹付け前のベースコンクリート			
			W	C	FA	S	G	減水剤			スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度(N/mm ²)	
								Ad1	Ad2	Ad3			7 日	28 日
FA50-Ad1	Ad1	50	200	400	50	951	684	2.40	-	-	18.0	5.5	36.3	49.1
FA50-Ad2	Ad2							-	2.40	-	19.0	2.4	42.6	56.0
FA50-Ad3	Ad3							-	-	2.40	22.0	4.0	40.6	53.2
FA100-Ad3	Ad3	50	200	400	100	895	684	-	-	2.40	22.0	2.7	39.3	54.0

キーワード 吹付けコンクリート，液体系急結剤，はね返り率
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 3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
フレッシュ性状	スランブ：JIS A 1101 に準拠 空気量：JIS A 1128 に準拠 コンクリート温度：JIS A 1156 に準拠
はね返り率	測定方法：JSCE-F 563 に準拠
ベースコンクリート圧縮強度 (標準養生 7,28 日)	供試体作製：JIS A 1132 に準拠 強度試験：JIS A 1108 に準拠
プリアウト換算強度 (3 時間, 24 時間)	試験体作製：JSCE-F 561 に準拠 プリアウト試験：JSCE-G 561 に準拠
吹付けコンクリート強度 (測定材齢：7,28 日)	試験体作製：JSCE-F 561 に準拠 コア強度：JIS A 1107 に準拠

表 4 試験に使用した設備および条件

種類	能力・条件
模擬トンネル	内空幅=5.2m, 高さ=4.4m 延長=20m
コンクリートポンプ	理論吐出量=5~25m ³ /hr
吹付けロボット	ブーム長=3000mm 最大吹付け高さ=7900mm 最大吹付け幅=10190mm
コンクリート吐出量	10m ³ /hr.
粉体急結剤添加装置	粉体急結剤添加装置
液体急結剤添加装置	液体ポンプ

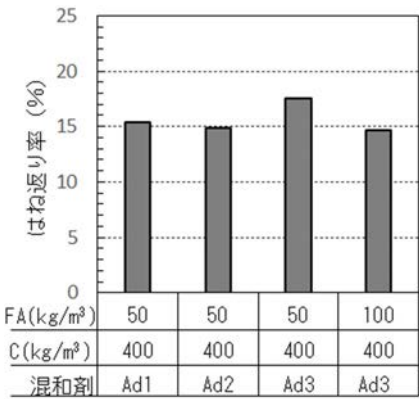


図 1 はね返り率

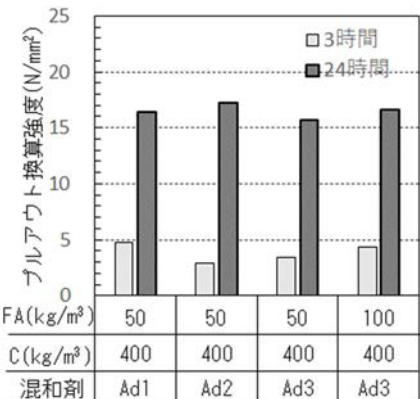


図 2 プリアウト試験による換算強度

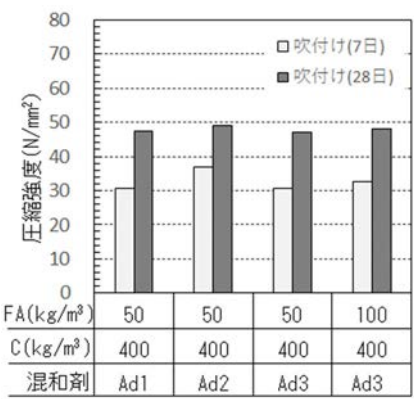


図 3 吹付けコンクリートの圧縮強度

はね返り率試験は JSCE-F 563 の吹付けコンクリートのはね返り率試験方法に準拠して行った。なお、吹付けコンクリート量は、コンクリートの吐出量を 10m³/hr.一定とし、1m³になるように吹付け時間で調整した。

強度試験は、プリアウト試験およびコア強度試験を実施した。プリアウト試験は JSCE-G 561 の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準拠し、3 時間および 24 時間で実施した。また、コア強度試験は材齢 3 日で φ50×h100mm のコア供試体を採用 (3 本/材齢) し、材齢 7 日および 28 日で圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果

図 1 にはね返り率試験結果、図 2 にプリアウト試験による換算圧縮強度、図 3 に吹付けコンクリートの圧縮強度試験結果を示す。

はね返り率はトンネル判断面 (天端～側壁) に幅約 1m で吹付けた結果、FA50-Ad1 で 15.4%, FA50-Ad2 で 14.9%, FA50-Ad3 で 17.5%, FA100-Ad3 で 14.7%となり、増粘剤を含有した Ad1 と Ad2 は同程度のはね返り率となった。また、増粘剤を含有した混和剤 (Ad1, Ad2) のはね返り率は、FA100-Ad3 の配合と同程度となり FA50-Ad3 の配合と比較して 0.85～0.88 倍程度であり、増粘効果はフライアッシュ 50kg/m³程度の効果があることを確認した。

プリアウト試験による換算圧縮強度は、3 時間では 2.9～4.7N/mm², 24 時間で 15.7～17.2N/mm²であり、配合による差は小さく、24 時間で 10N/mm² 以上となり、ベースコンクリートに増粘剤を含有した混和剤を用いても所要の強度が得られることを確認した。また、コア供試体による吹付けコンクリートの圧縮強度は、材齢 7 日では 30.6～36.8N/mm², 材齢 28 日で 47.0～49.2N/mm²であった。

4. まとめ

- (1) プリアウト試験による換算圧縮強度結果は、本実験で用いた各配合による差は小さく、24 時間で 10N/mm² 以上となり、増粘剤を含有した混和剤を用いても所要の強度が得られることを確認した。
- (2) はね返り率は、フライアッシュを 50kg/m³ 添加した場合、増粘剤を含有した混和剤を用いることで、通常の高性能減水剤と比較して 0.85～0.88 倍程度となり、フライアッシュ 100 kg/m³ の配合と同程度となった。

参考文献

1) 土木学会：コンクリートライブラリー121「吹付けコンクリート指針 (案)」, 2005