

シリカフェームを混和した高強度・高耐久性吹付けコンクリートの研究

原田 耕司*
Koji Harada

松井 健一*
Ken-ichi Matsui

手塚 裕紀**
Yuki Tezuka

佐伯 好治**
Yoshiharu Saeki

1.はじめに

NATMで使用されている吹付けコンクリートは、一次覆工に使用されることが多い。そのため、強度発現性が重要視され、長期強度および耐久性に関しては、現状ではほとんど検討されていない。しかし、トンネル断面の大型化や吹付けコンクリートによる二次覆工の採用等により、吹付けコンクリートに関しても高強度化・高耐久化の要望が聞かれるようになってきた。

吹付けコンクリートの長期強度・耐久性を低下させる要因に急結剤の影響が考えられるが¹⁾、現在使用されている一般的な吹付けコンクリートの配合では、急結剤の添加率を少なくした場合、作業性、安全性に問題が生じる。急結剤の添加率を少なくして、なおかつ作業性等を維持するには、吹付けコンクリートの付着性を高める効果（例えば吹付けコンクリートの粘性を高める）、および強度、耐久性を改善する混和材料の使用を検討する必要がある。

そこで本報告では、高強度・高耐久性吹付けコンクリートの混和材料としてシリカフェーム（以下SF）に注目し、実際に湿式吹付け工法によって作成した供試体を用いて強度試験および耐久性試験を行い、急結剤の添加率およびSFの最適置換率を検討した。

2. 試験概要

(1) 使用材料

表-1に使用材料を示す。また表-2にSF（非顆粒タイプ）の化学・物理的性質を示す。

(2) 配合

表-3に配合表を示す。スランブ（18～22cm）および空気量（5～6%）は、高性能AE減水剤およびAE助剤

表-1 使用材料

使用材料	主な性質	
セメント	普通ポルトランドセメント、比重：3.16	
細骨材	富士川産、比重：2.65	
粗骨材	砂石、最大寸法：10mm、比重：2.64	
水	河川水	
混和材料	急結剤	セメント鉱物系
	高性能AE減水剤	ポリグリコールエステル誘導体
	AE助剤	アルキルアリルスルホン酸化合物
	粉塵抑制剤	セルロース系

表-2 化学・物理的性質

	化学成分 (%)					物理的性質		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	ig. loss	比重	比表面積	平均粒径
SF	92.1	0.5	0.6	0.7	2.8	2.20	20.0m ² /g	0.1μm

表-3 配合表

NO.	W	C	S	G	SF	単位量 (kg/m ³)				
						SP	AE	抑塵剤	急結剤	
1	220	550	750	747	0	0	0.3%	0%	0.1%	3%
2	7.5	508	750	747	41	0.7	0.006	0	0	3
3	10.0	456	750	747	56	1.0	0	0	0	3
4	15.0	467	750	747	83	1.2	0	0	0	3
5	22.1	467	750	747	83	1.2	0	0	0	3
6	22.1	360	968	726	0	0	0	0	0.1	6

※SP（高性能AE剤）、AE（AE助剤）、抑塵剤（粉塵抑制剤）および急結剤は結合材重量に対する割合。
※急結剤（急結剤添加率）は目標値。

で調整した。なお、No. 9の配合は一般に使用されている吹付けコンクリートの配合であり、初期強度試験のみ行った。

(3) 供試体の作成方法

湿式工法（アリバ280）でパネルに吹付けした後、材齢7日でコア抜きあるいはカッティングにより供試体を作成、所定期間水中養生した。

(4) 試験項目および試験方法

試験項目および方法を以下に示す。

- ①初期強度試験：材齢1日でプルアウト試験により求めた。
- ②圧縮強度試験：材齢28日で試験に供した。
- ③凍結融解試験：JIS A 6204 附属書2に準じた。
- ④中性化試験：温度20℃、相対湿度60%、CO₂濃度5%の環境下で28日間促進させた。
- ⑤耐薬品性試験：JIS原案「コンクリートの溶液浸せきによる耐薬品性試験方法（案）」²⁾に準じた。ただし測定項目は相対動弾性係数のみとした。

* 技術研究所地質研究課

** 横浜(支)山梨雁坂(出)

3. 試験結果および考察

(1) 圧縮強度試験

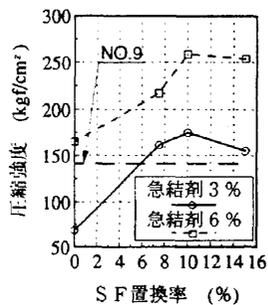


図-1 初期強度

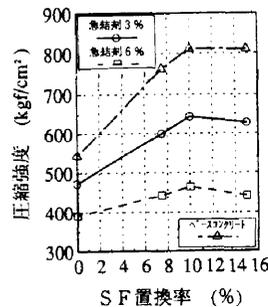


図-2 材齢28日の圧縮強度

図-1に初期強度試験結果を示す。急結剤の添加率に関係なく、SF置換率10%で強度ピークを示し、また急結剤の添加率が3%であっても、SFを7.5%以上混和した配合は、一般的な吹付けコンクリート（No. 9）の強度を上回った。これは、SFが超微粒子であるために、ポズラン反応が早期に生じたためだと考えられる。

図-2に材齢28日の圧縮強度試験結果を示す。材齢28日に関しても、急結剤の添加率に関係なく、SF置換率10%で強度のピークを示した。また、吹付けコンクリートは、ベースコンクリート（急結剤無添加）より強度が低く、特に急結剤添加率6%の配合は、急結剤添加率3%の配合より強度の減少は大きくなる傾向を示した。

(2) 凍結融解試験

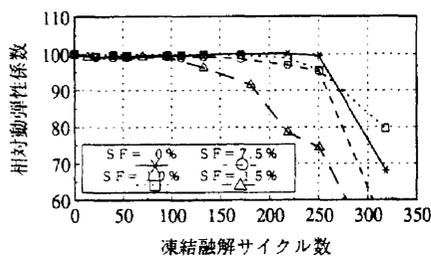


図-3 急結剤6%の凍結融解

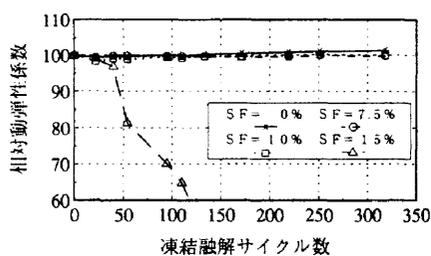


図-4 急結剤3%の凍結融解

図-3、4にそれぞれ急結剤添加率6%および3%の凍結融解試験の結果を示す。今回の試験の範囲では、SF

置換率が15%の配合は、他の配合に比較して急結剤の添加率に関係なく、凍結融解抵抗性が著しく低い結果となった。また、急結剤添加率3%の配合は、急結剤添加率6%の配合より凍結融解抵抗性が大きくなった。

(3) 中性化試験および耐薬品性試験

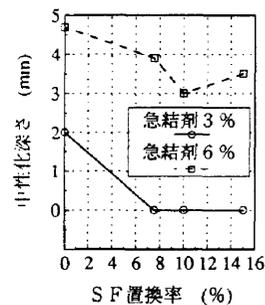


図-5 中性化深さ

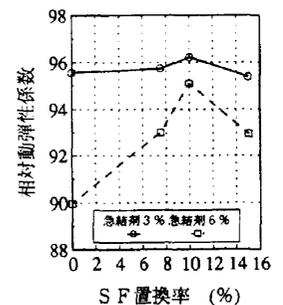


図-6 硫酸に対する耐薬品性

図-5に中性化試験の結果を示す。中性化深さはSF置換率が高い程、また急結剤添加率が少ない程小さくなった。これは、SFのマイクロファイラー効果により組織が緻密になったためだと考えられる。SFを混和することおよび急結剤の添加率を少なくすることは、吹付けコンクリートの中性化改善に非常に有効である。

図-6に28日間硫酸に浸せきした供試体の相対動弾性係数を示す。急結剤添加率3%の配合は、SFを混和しても硫酸に対する抵抗性は、ほとんど変わらなかったが、急結剤添加率6%の配合は、SFを混和することにより硫酸に対する抵抗性の改善効果が確認できた。

4. まとめ

今回の試験の範囲では、吹付けコンクリートを高強度・高耐久化するには、SFを7.5~10%混和して、急結剤の添加率を3%程度とした配合が有効であることが分かった。

吹付けコンクリートの品質を左右する大きな要素としてコンクリートの品質とともに施工方法（施工機械等）が考えられる。今後、高強度・高耐久性コンクリートの施工に優れた施工方法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 原田他, シリカフェームを混入した吹付けコンクリートの強度特性, 土木学会, 第46回年次講演会, pp.156~157, 1991.9
- 2) 標準化を待つ試験方法「コンクリートの溶液浸せきによる耐薬品性試験方法(案)」, コンクリート工学, Vol.23, No. 3, March, 1985, pp.59~62