

V-215

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

西松建設㈱ 正会員 原田 耕司
正会員 松井 健一
手塚 裕紀

1. はじめに

NATM工法の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、ほとんど検討されていないのが現状である。しかし他のコンクリートにも見られる様に、吹付けコンクリートに関しても高強度、高耐久性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理由として急結剤の影響が考えられるが、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、安全性等に問題が生じる。急結剤の添加率を少なくしても作業性等を維持するには、材料の粘性を高め、さらに強度発現性、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と考えられる。

そこで著者らは、吹付けコンクリートの混和材料としての適用例¹⁾が報告されているシリカフェーム（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圧縮強度試験、耐久性試験（凍結融解、中性化）を行い、急結剤の添加率およびSFの最適置換率の検討を行った。

2. 試験概要

2.1 使用材料

表-1に使用材料を示す。また表-2にシリカフェーム（粉末タイプ）の化学物理的性質を示す。

2.2 配合

表-3に配合表を示す。水結合材比は、40%と一定にし、シリカフェームの置換率は、結合材重量に対して0、7.5、10、15%に変化させ、それぞれの置換率について急結剤の添加率を3、6%に変化させた。またスランブ、および空気量は高性能AE減水剤により調整した。なお、初期強度試験のみ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（NO.9）についても行った。表-4に供試体作成時の急結剤添加率、スランブおよび空気量を示す。

2.3 試験方法

供試体は、吹付け機械（アリバ280）を使用して、湿式工法によりパネルに吹付けた後、材令7日でコア抜きあるいはカッティングにより作成し、所定期間標準養生を行った後試験に供した。なお試験項目は、初期圧縮強度試験（プリアウト試験）、圧縮強度試験（材齢28日）、凍結融解試験（JIS A 6204 付属書2）、中性化試験（温度20℃、相対湿度60%、CO₂濃度5%、促進期間1カ月）である。

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	砕石、最大寸法：10mm、比重：2.64
水	河川水
混和材料	急結剤 高性能AE減水剤 AE助剤 粉塵低減剤
	セメント鉱物系 ポリグリコールエステル誘導体 アルキルアリルスルホン酸化合物 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	2.6		2.20	20.0 m ² /g	0.1 μm

表-3 配合表

No.	W C+SF	s/a	SF C+SF	単位量 (kg/m ³)									
				W	C	S	G	SF	SP	AE	低減剤	急結剤	
1	40 %	50 %	0 %	220	550	750	747	0	0.3 %	0 %	0.1 %	3 %	
2			7.5 %	220	550	750	747	0	0.3 %	0 %	0.1 %	3 %	
3			7.5 %	509	509	509	509	41	0.7	0.006	0	3	
4			10.0 %	495	495	495	495	55	1.0	0	0	3	
5			10.0 %	495	495	495	495	55	1.0	0	0	3	
6			15.0 %	467	467	467	467	83	1.2	0	0	3	
7			15.0 %	467	467	467	467	83	1.2	0	0	3	
8			15.0 %	467	467	467	467	83	1.2	0	0	3	
9			0 %	221	360	968	726	0	0	0	0.1	6	

※SP（高性能AE減水剤）、AE（AE助剤）、低減剤（粉塵低減剤）、急結剤は結合材重量に対する割合。
※急結剤添加率は目標値。

表-4 実測値

No.	SF C+SF	急結剤 添加率	スランブ	空気量
1	0 %	3.3 %	21.0 cm	5.5 %
2	7.5 %	5.9	21.5	7.5
3	7.5 %	2.0	19.0	5.9
4	10.0 %	5.1	17.5	4.5
5	10.0 %	2.5	23.0	5.6
6	15.0 %	4.5	22.0	4.5
7	15.0 %	2.2	22.0	4.8
8	15.0 %	6.7	23.0	4.4
9	0	7.7	14.0	6.0

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度試験

図-1に材齢1日の初期圧縮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%程度で強度のピークを示し、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（ 141 kgf/cm^2 ）を上回った。これは、SFが超微粒子であるため、早期にボゾラン反応が強く生じたためと考えられる。図-2に材齢28日の圧縮強度試験結果を示す。

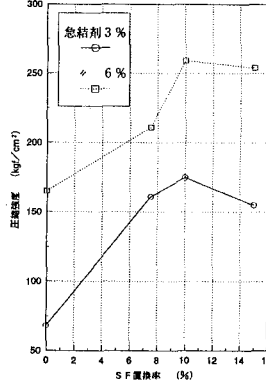


図-1 圧縮強度（材齢1日）

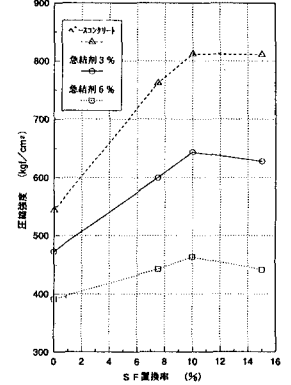


図-2 圧縮強度（材齢28日）

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、急結剤を混和した配合は、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6%の配合は3%の配合より強度の減少率は大きくなった。以上の結果より、今回の試験の範囲では現在使用されている一般的な吹付けコンクリートの初期強度の値を確保し、吹付けコンクリートの長期強度の低下を改善するには、急結剤の添加率をできるだけ少なくしSFを10%程度混和することが有効であることが分かった（水結合材比=40%）。

3.2 凍結融解試験

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、6%の配合より凍結融解抵抗性が大きく、凍結融解に関しても急結剤の添加率はできるだけ少なくする必要があると考えられる。

3.3 中性化試験

図-5に中性化試験結果を示す。中性化深さはSF置換率が高い程、また急結剤の添加率が少ない程小さくなった。これは、SFのマイクロファイバー効果により硬化部分の組織が緻密になったことによるものと考えられる。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ことが分かった。

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化、高耐久化するには、急結剤の添加率を施工の許す限りできるだけ抑え、SFを10%程度混和することが有効であることが分かった。

参考文献

- 例えばコンクリート技術シリーズ、「シリカフェームを用いたコンクリート」に関するシンポジウム講演論文報告集、土木学会、1993年

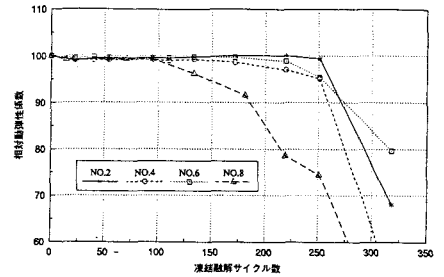


図-3 凍結融解試験（急結剤6%）

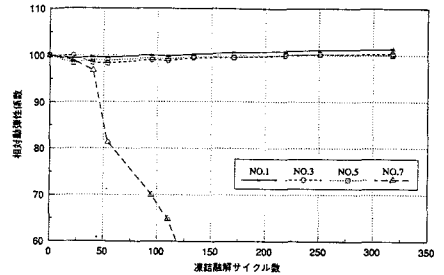


図-4 凍結融解試験（急結剤3%）

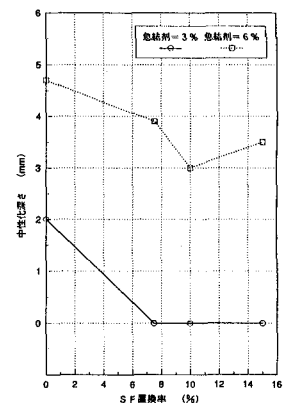


図-5 中性化試験