

セメントペースト及びモルタル中の 短繊維の分散性について

愛知工業大学 学生員 松浦亜矢
愛知工業大学 学生員 前川直美
愛知工業大学 正会員 不破 昭
愛知工業大学 正会員 森野奎二

1. はじめに

繊維補強モルタル・コンクリートにおいては、繊維をいかに分散させるかが重要な課題である。

本研究では、短繊維の混入率、砂・セメント比、シリカフューム (SF) を変化させたときのモルタル中の繊維の分散性とマトリックス・繊維の付着状況について調べた。とくに繊維の分散が最もよく行われるような流動性と粘性が得られるよう、練混ぜ条件を求めるために、減水剤及び増粘剤の混合量と練混ぜ時間をいろいろと変化させて実験を行った。

2. 実験方法

2-1 使用材料 使用材料は、普通ポルトランドセメント、シリカフューム、減水剤（主成分：ポリカルボン酸系グラフトコポリマー）、増粘剤（主成分：特殊水溶性高分子化合物）、細骨材（硅砂5号）、短繊維である。使用した短繊維の種類を、表1に示す。

2-2 配合 水結合比 (W/(C+SF)) を25%、S/(C+SF) を0, 1.0, 2.0、SF混入率を0%, 10%とし、繊維混入量はモルタルの体積比で0%, 0.5%, 1.0%とした。減水剤・増粘剤の使用量を表3に示す。材齢は、7日・28日にした。

2-3 実験方法 モルタルの練混ぜは、セメント・SF・細骨材をオムニミキサ（容量：10ℓ）で空練りをし、水・減水剤・増粘剤を混入し、最後に繊維を加えた。練混ぜ直後、繊維を混入したペースト及びモルタルの繊維の分散性、繊維とマトリックスとの付着状況、繊維の損傷状況を実体顕微鏡 (SM) 及び走査電子顕微鏡 (SEM) によって観察した。

3. 結果と考察

減水剤・増粘剤は、流動性・粘性を重視するためミキサで混合しながら分割して投入したが、表2・表3に示すように練混ぜ回数を重ねる毎に

表2 練混ぜ時間

繊維の種類	繊維混入率 (%)	ペースト及びモルタル	SF添加率 (%)	練混ぜ時間				全繊維混合後 (分)	合計
				空練り (分)	水・減水剤・増粘剤混入 (分)	繊維混合 (分)	練混ぜ (分)		
炭素A	0	ペースト	0	0	2	0	2	4	
		モルタル	10	1	2	0	2	5	
	0.5	ペースト	0	0	2	1+1	2	6	
		モルタル	10	1	2	1+1	2	7	
炭素B	1	ペースト	0	0	2	1+1+1+1	2	8	
		モルタル	10	1	2	1+1+1+1	2	9	
	0	ペースト	0	0	2	0	2	4	
		モルタル	10	1	2	0	2	5	
シリカフューム	0.5	ペースト	0	0	2	1+1	2	6	
		モルタル	10	1	2	1+1	2	7	
	1	ペースト	0	0	2	1+1	2	6	
		モルタル	10	1	2	1+1	2	7	

表1 使用繊維の種類

使用繊維	比重	寸法 (mm)
炭素	A種 1.81	0.001φ×8
	B種 2.09	0.001φ×8
ガラス	2.85	0.001φ×25
シリカフューム	0.95	0.6×1×12
銅	7.85	0.3φ×15

表3 減水剤・増粘剤の使用量

S/C (SF混入率)	炭素A		炭素B		ガラス		シリカフューム		銅	
	減水剤 (%)	増粘剤 (%)	減水剤 (%)	増粘剤 (%)	減水剤 (%)	増粘剤 (%)	減水剤 (%)	増粘剤 (%)	減水剤 (%)	増粘剤 (%)
0.0 (0%)	0.10	132	0.10	132	0.10	132	0.10	132	0.10	132
	0.31	146	0.22	154	0.22	150	0.22	153	0.21	153
	0.39	145	0.34	156	0.31	153	0.31	153	0.31	159
	0.14	139	0.14	139	0.14	139	0.14	139	0.14	139
0.0 (10%)	0.23	140	0.23	141	0.25	139	0.23	144	0.23	152
	0.32	153	0.28	152	0.37	145	0.29	146	0.28	151
	0.37	137	0.37	137	0.37	137	0.37	137	0.37	137
	0.93	119	0.84	139	0.75	128	0.81	152	0.52	142
1.0 (0%)	1.13	145	3.59	137	1.65	167	0.83	143	1.50	177
			3.47		0.96				0.83	
	0.30	149	0.30	149	0.30	149	0.30	149	0.30	149
	0.51	119	0.56	142	0.60	149	0.48	142	0.38	158
1.0 (10%)	2.28	123	1.82	150	1.67	157	0.78	151	1.67	127
			1.09		1.00				1.64	
	1.20	133	1.20	133	1.20	133	1.20	133	1.20	133
	4.18	103	8.37	111	8.37	105	7.93	105	7.89	102
2.0 (0%)			0.84		2.46		5.56		14.36	
	8.40	105	8.40	101	8.40	104	8.40	106	8.40	112
			1.27		0.91		3.06		0.79	
	1.07	125	1.07	125	1.07	125	1.07	125	1.07	125
2.0 (10%)	3.31	106	6.33	110	6.75	104	6.33	118	7.38	105
			2.36		2.97		0.31		6.74	
	8.49	112	8.49	104	8.49	109	8.49	104	8.49	120
			1.17		1.04		1.81		0.84	

※下段は、増粘剤(kg)である。

最適な練混ぜ時間と混和剤量が判明した。

炭素繊維は、一本一本の繊維が非常に細かく綿網状になっているため、ポリプロピレン繊維や鋼繊維に比べると分散しにくい。分散が良好になるには、概して粘性の高い場合であった。しかし、 $S/(C+SF) = 2.0$ になると粘性が得られなくパサパサになり、またファイバーボールもできやすくなった。

ガラス繊維は、細い繊維が数十本束になっており、この束を保った状態で分散する場合と、束がほぐれて繊維一本一本に分かれて分散する場合がある。後者の分散状態の方が供試体作製が容易であり、また成形時に繊維が抜け出すことも少ない。

ポリプロピレン繊維は、練混ぜ中に一本が何本かに分裂したり、先端だけが細かく裂けるものもある。また、この繊維は、網目構造になっているため、マトリックスとの付着が大変良い。それに比べ、炭素繊維やガラス繊維は、表面が滑らかで繊維とマトリックスの界面に隙間が生じるものが多くみられ、付着が良好でない。

4. まとめ

今回の実験の範囲では、繊維の分散が良好であったのはセメントペースト、次いで $S/(C+SF) = 1.0$ であり、 $S/(C+SF) = 2.0$ の場合では、いずれの配合でも十分な分散は得られなく、常にファイバーボールができた。良い分散を得るには、粘性が重要である。

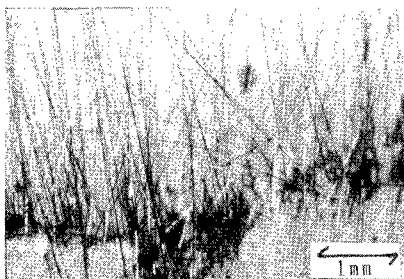


写真1 炭素Aの分散状態のSEM写真
練混ぜ後 繊維 0.5%, SF=0%, S/C=0

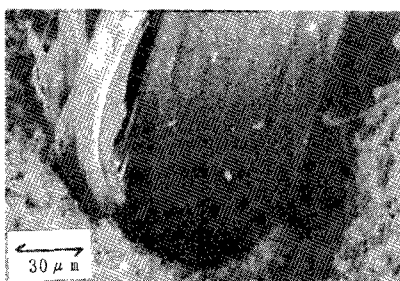


写真3 ポリプロピレンの根元のSEM写真
7日 曲げ破断面
繊維 0.5%, SF=0%, S/C=0



写真2 炭素Aの分散状態のSEM写真 28日
引張り破断面 繊維 0.5%, SF=0%, S/C=0

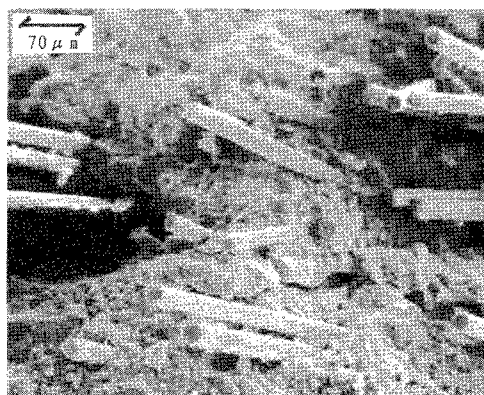


写真4 ガラスの分散状態のSEM写真 7日
引張り破断面 繊維 0.5%, SF=0%, S/C=1.0

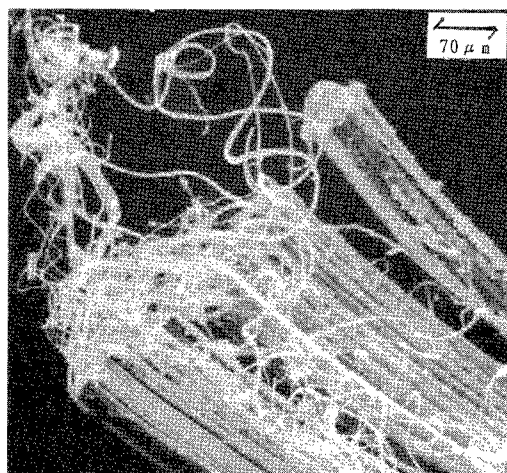


写真5 ポリプロピレンの先端のSEM写真 28日
引張り破断面 繊維 0.5%, SF=0%, S/C=1.0