

論文 シリカフェームの品質がモルタルの物性に及ぼす影響

要旨：シリカフェームの品質が高性能（AE）減水剤を用いたシリカフェームモルタルの流動特性と強度特性に及ぼす影響について、フロー値および空気量を一定にして実験検討を行った。シリカフェームと高性能（AE）減水剤との組み合わせが、シリカフェームモルタルの流動特性と圧縮強度に大きな影響を及ぼすのでシリカフェームを使用する際には、シリカフェームと高性能（AE）減水剤の相性に配慮することが必要である。

キーワード：シリカフェーム、高性能（AE）減水剤、活性度指数、モルタル

1. はじめに

シリカフェームの品質管理として高性能（AE）減水剤を用いたモルタルの強度試験を行う場合には、シリカフェームと高性能（AE）減水剤の組み合わせによっては空気連行性が増大し、流動特性と強度特性に大きな影響を及ぼすので、空気量の管理が重要であることを報告 [1] した。本研究は、モルタルのフロー値と空気量が管理された実験条件の下で、シリカフェームの品質が、高性能（AE）減水剤を用いたシリカフェームモルタルの流動特性と圧縮強度などの基礎的特性に及ぼす影響を、水結合材比を要因として実験的に検討したものである。

2. 実験概要

2.1. 実験計画

本試験は、モルタルの空気量が一定の実験条件の下で、高性能（AE）減水剤を用いたシリカフェームモルタルの基礎的特性に及ぼすシリカフェームの品質の影響、シリカフェームと高性能（AE）減水剤の相性について検討する。本試験で使用するシリカフェームと高性能（AE）減水剤の種類を各々表-1と表-2に示す。

実験要因を表-3に示す。水結合材比は30%と50%の2水準

表-1 シリカフェームの種類

銘柄	産地	形態
①	ルウエー	粉末
②	ルウエー	顆粒
③	エジプト	粉末
④	ルウエー	顆粒

表-2 高性能（AE）減水剤の種類

種類	主成分
A	β -ナフタリンスルホン酸Na塩
B	ポリカルボン酸Ca酸
C	ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体

表-3 実験要因

要因	水準
水結合材比 (%)	30, 50
シリカフェーム置換率 (%)	0, 10
シリカフェームの種類	①, ②, ③, ④
高性能（AE）減水剤の種類	A, B, C

- *1 立命館大学大学院 理工学研究科環境社会工学専攻 (正会員)
- *2 立命館大学教授 理工学部土木工学科、工博 (正会員)
- *3 立命館大学助教授 理工学部土木工学科、工博 (正会員)

とし、シリカフューム置換率は0%と10%の2水準、シリカフュームは4銘柄、高性能(AE)減水剤は3種類使用した。

2.2. 使用材料

セメントはセメント協会製研究用普通ポルトランドセメント、細骨材には、豊浦標準砂、相馬産の細砂と粗砂を1:1:1(質量比)で混合使用した。シリカフュームは4種類使用し、混和剤には高性能減水剤(A)を1種類、高性能AE減水剤(B、C)を2種類使用した。セメントとシリカフュームの物理化学的性質を各々表-4と表-5に示す。

表-4 セメントの物理化学的性質

物理的性質		化学成分(%)											
比重	比表面積 (cm^2/g)	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
3.17	3270	0.6	21.3	5.3	2.6	64.4	2.2	1.9	0.28	0.60	0.37	0.20	0.10

表-5 シリカフュームの物理化学的性質(*はメーカー試験値あるいは規格値)

No	物理的性質			化学成分(%)											
	比重	比表面積* (m^2/g)	湿分 (%)	ig.loss		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	C
				(1000°C)	(750°C)										
①	2.38	20	0.74	3.34	2.94	92.29	0.65	0.57	0.22	0.79	0.16	0.40	0.98	0.0030	1.43
②	2.57	20	0.59	2.73	2.45	89.29	0.35	3.52	1.11	0.76	0.46	0.41	0.72	0.0030	1.74
③	2.35	17	0.44	1.77	1.46	95.20	0.30	0.74	0.15	0.31	0.02	0.23	0.50	0.0016	0.46
④	2.37	—	0.31	2.89	2.46	90.20	0.13	2.53	0.89	1.16	0.67	0.41	0.51	0.0016	1.01

2.3. 配合および試験方法

モルタルの配合を表-6に示す。目標フロー値は水結合材比30%と50%時で各々180±10、230±10とし、目標空気量は水結合材比30%と50%時で各々2±1、4±1%とした。砂結合材比はモルタルの流動性を考慮して水結合材比30%と50%時で

表-6 モルタルの配合(単位:g)

W/(C+SF)	W	C+SF	S
30%	225	750	1500
50%	250	500	1500

各々2.0、3.0とした。シリカフュームは結合材質量に対して内割で混入した。高性能(AE)減水剤は水の内割として重量計量した。空気量の調整には、メーカー指定の消泡剤を使用した。

モルタルの練り混ぜは、JIS R 5201のモルタル用練り混ぜ機を使用した。はじめに練り鉢に練り混ぜ水(水+混和剤)を注水して、パドルを低速(140rpm)で回転させて、30秒間に結合材(セメント+シリカフューム)を投入し、その後の30秒間に細骨材を投入した後、パドルを高速(285rpm)で3分間回転させた。高速回転では1分間練り混ぜた後、20秒間休止して、練り鉢とパドルに付着しているモルタルをかき落とした後に、再び残り2分間練り混ぜた。

打設した供試体は翌日に脱型し、その後標準水中養生(20±1°C)を行った。供試体寸法はφ5×10cmとし、圧縮強度試験を材令3、7、28日に行った。なお、空気量は圧力法で測定した。

3. 実験結果および考察

3.1. モルタルの流動特性

3種類の混和剤がモルタルの流動特性に及ぼす影響を図-1に示す。水結合材比50%では、例外はあるものの、シリカフュームの混入によりモルタルの流動性が低下するので、シリカフューム無混入時と同一のフロー値を得るためには一般的に高性能(AE)減水剤の使用量が増加する。シ

リカフュームの形態が粉末である銘柄①、③は、顆粒である銘柄②、④より少ない高性能(AE)減水剤量で同一のフロー値を得ることができた。

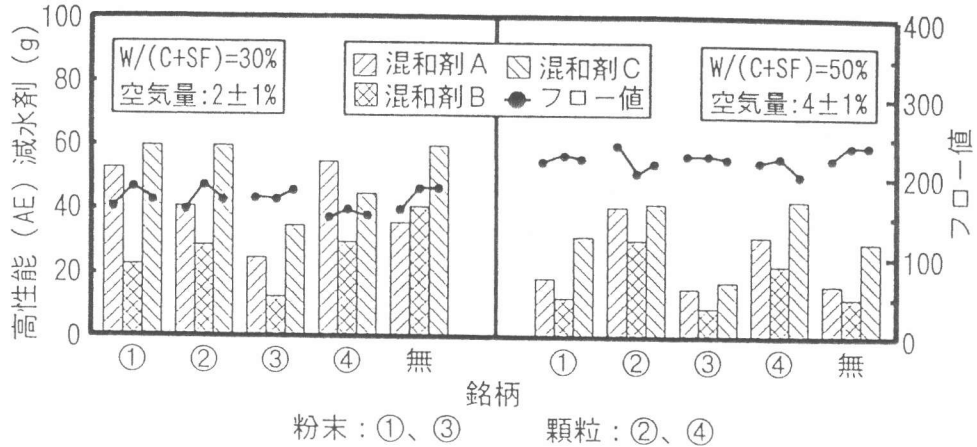


図-1 高性能 (AE) 減水剤の種類がモルタルの流動性に及ぼす影響

水結合材比30%では、混和剤Bを用いたとき

はシリカフュームの形態に関わらず、シリカフュームの混入によりモルタルの流動性の改善が観察された。水結合材比が小さいときにシリカフュームの混入により流動性が改善されることは、コンクリートにおいても報告されている [2]。混和剤A、Cは、シリカフュームとの組み合わせによっては流動性が改善される場合とされない場合があった。

以上より、空気量が管理された実験条件の下においても、シリカフュームモルタルの流動性は、水結合材比、シリカフュームの形態、シリカフュームと高性能(AE)減水剤の組み合わせの影響を大きく受ける結果となった。

3. 2. モルタルの圧縮強度

モルタルの圧縮強度を図-2に示す。水結合材比に関わらず、4種類のシリカフュームとも、混和剤Aを用いると材令28日強度は最も大きくなった。シリカフュームの形態が顆粒である銘柄

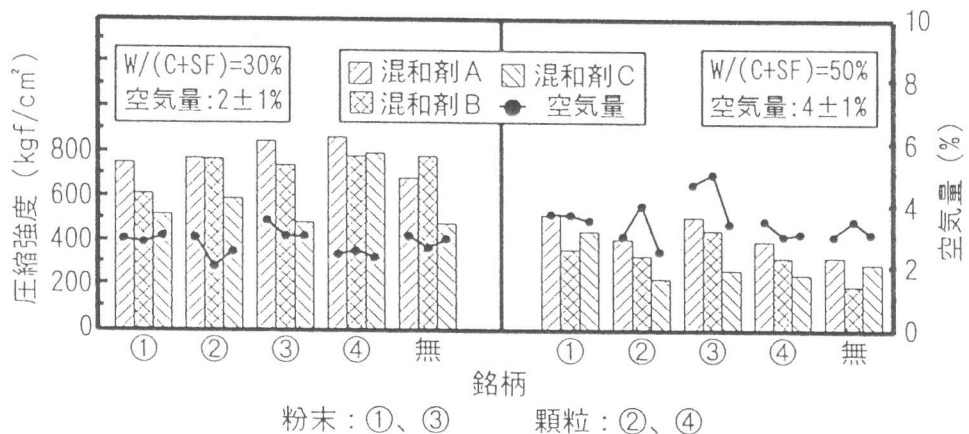


図-2 高性能 (AE) 減水剤の種類がモルタルの圧縮強度に及ぼす影響

柄②、④は、水結合材比50%では、圧縮強度は形態が粉末のシリカフュームより低下するが、水結合材比30%では、混和剤との組み合わせによっては形態が粉末である銘柄と同等以上の結果が得られた。したがって、シリカフュームの形態が圧縮強度に及ぼす影響は本研究では明らかにはならなかった。混和剤Cは比較的空気連行性は少ないが、水結合材比に関わらず他の混和剤と比較して圧縮強度は小さかった。

シリカフュームの活性度指数(シリカフューム無混入時の圧縮強度に対するシリカフュームモルタルの圧縮強度の比)を図-3に示す。シリカフュームの活性度指数は水結合材比により異なり、

水結合材比が小さくなると活性度指数も小さくなる傾向を示した。シリカフェームと高性能（AE）減水剤の組み合わせによっては、水結合材比50%のモルタルで材令28日においても活性度指数が100%を下回るものもあった。

以上より、空気量が管理された実験条件の下においても、モルタルの圧縮強度は、流動特性と同様にシリカフェームと高性能（AE）減水剤の組み合わせの影響を大きく受ける結果となった。

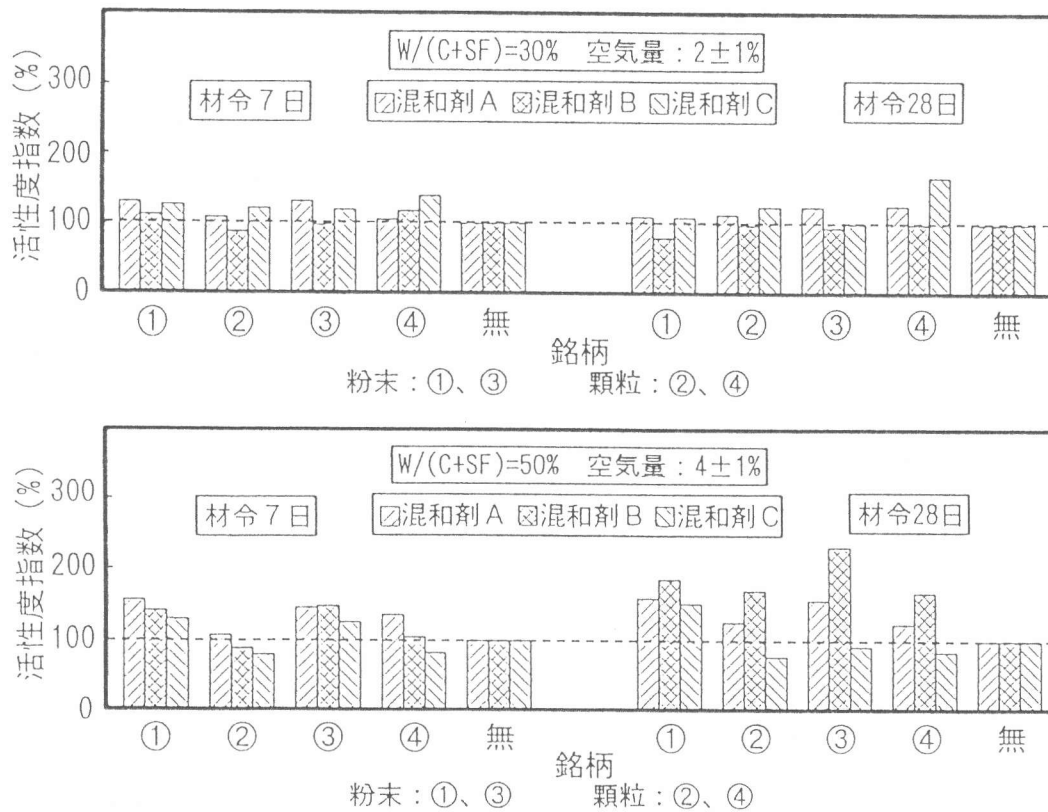


図-3 シリカフェームの活性度指数

4. 結論

シリカフェームと高性能（AE）減水剤との相性について、空気量とフロー値を管理して実験検討を行った結果を要約すると、以下のようになる。

（1）シリカフェームモルタルの流動特性と圧縮強度は、シリカフェームと高性能（AE）減水剤の組み合わせの影響を大きく受けるので、両者の相性が非常に重要な問題となる。

（2）シリカフェームと高性能（AE）減水剤の組み合わせによっては、シリカフェームの活性度指数が材令28日においても100%を下回ることがある。

（3）シリカフェームの形態が、モルタルの流動特性と圧縮強度に及ぼす影響は明らかにはならなかった。

【参考文献】

[1] 田部、児島、高木，『モルタルの流動性と強度に及ぼすシリカフェームの影響』，コンクリート工学年次論文報告集，第16巻，第1号，pp.383～388，1994

[2] 高木、明石，『高強度シリカフェームコンクリートの特性について』，コンクリート工学年次報告論文集，第10巻，第2号，pp.221～224，1988