

V-212

シリカフェームの形態の違いによるコンクリート物性への影響

日本シーカ（株） 研究所 正会員 齋藤 賢
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司
 日本シーカ（株） 研究所 細矢正和
 日本シーカ（株） 研究所 友寄 哲
 日本シーカ（株） 研究所 木村崇子

1. はじめに

シリカフェーム（SF）は、シリコン合金等を製造する際に生ずる産業副産物であり、これをコンクリートに使用する事によって、従来のコンクリートに比べ品質向上が期待されている。SFはいくつかの形態があり、現場での作業環境を考えると、粉末状より顆粒状、顆粒状よりスラリー状のSFを使用する方が、投入時等に発生する粉塵の防止ができるのは周知のことである。しかし、SFの銘柄や形態等によって物理・化学的性質が異なるものもあり、コンクリート物性への影響も異なる事が考えられる。本研究は、形態が異なるSFを用いて、コンクリートに混入したときの物性への影響を検討したものである。

2. 試験概要

試験に使用した材料を表1、使用したSFの物理・化学的性質を表2に示す。SFは粉末、顆粒、スラリー状の形態をしたもので、それぞれセメントの10%内割りで使用した。行われた試験の内容は次の通りである。

SFの分散性の検討：

- ①：高性能AE減水剤（SP）の添加量を一定としてコンクリート試験を行い、スランプ、空気量を比較した。コンクリート配合を表3に示す。
- ②：目標のスランプ、空気量（ $7.5 \pm 0.5\text{cm}$ 、 $4.5 \pm 0.5\%$ ）となるようにSPおよびAE助剤で調整しその使用量の違いを比較した。コンクリート配合を表4に示す。①、②ともにコンクリートの練り混ぜ条件は一定とした。

- ③：試験②のコンクリート試料を用いて、圧縮強度試験を行った。

発熱特性の検討：

- ④：試験②のコンクリート試料を用いて、簡易断熱温度上昇試験を行った。
- ⑤：微量熱量計により水和発熱曲線の比較を行った。

3. 結果および考察

試験①の結果を表3に、試験②の結果を表4に、また、図3に試験③の結果を示す。試験①において、SFを使用したコンクリートは、無混入のものに比較してスランプが小さくなり、顆粒状のSFを使用した場合、より顕著な結果となった。試験②においては、SFを使用したコンクリート

は無混入より多くのSPを必要とし、顆粒状のものが最も多かった。圧縮強度は、顆粒状SFが比較的低く、スラリー状が最も高い値を示した。これらの結果は、コンクリート中における顆粒状SFの分散性が、粉末、

表1 使用材料

セメント：C	中磨熟，比重：3.20
細骨材：S	相模川水系砂，比重：2.58，FM：2.73
粗骨材：G	奥多摩産碎石，比重：2.65，FM：6.65
高性能AE減水剤：SP	シーカメント1000N（親水型ポリカルボキシ系）

表2 シリカフェームの物理化学的性質

形態	産地	発生源	比重	比表面積 (m^2/g)	SiO ₂ (%)	R ₂ O (%)	C (%)	igloss (%)
粉末 スラリー	国内	Fi-Si	2.23 *(1.40)	18.3	89.0	0.82	0.83	1.5
粉末 顆粒	海外	Fi-Si	2.30	17.4	82.0	1.15	1.40	1.9

* ()内はスラリーの比重

表3 コンクリート試験の配合と結果

シリカフェーム の質量 (%)	W/B (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)						SP (B×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
			W	C	SF	SL	S	G				
無混入			152	380	-	-	837	993		8.0	2.3	20.2
粉末(国内)										5.6	2.2	20.0
粉末(海外)	40.0	46.4	152	342	38	-	832	987	1.6	6.6	2.0	20.3
顆粒										3.8	2.7	20.0
スラリー			114	342	-	76	832	987		5.8	3.0	20.4

表4 コンクリート試験の配合と結果

シリカフェーム の質量 (%)	W/B (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)						SP (B×%)	AE ^{**} (B×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
			W	C	SF	SL	S	G					
無混入			152	380	-	-	784	1008	1.2	0.011	7.3	4.7	20.0
粉末(国内)									1.6	0.022	7.7	4.5	19.8
粉末(海外)	40.0	44.4	152	342	38	-	778	1001	1.7	0.023	7.4	4.3	20.0
顆粒									2.1	0.015	8.0	4.9	20.2
スラリー			114	342	-	76	779	1002	1.6	0.017	7.1	4.5	20.7

*1：スラリー状SF（シリカフェーム分=50%），*2：AE助剤

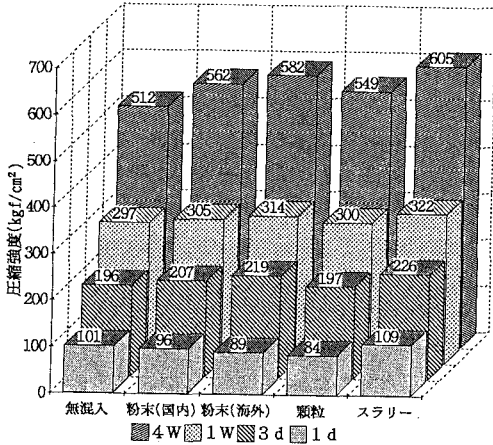


図1 圧縮強度試験結果

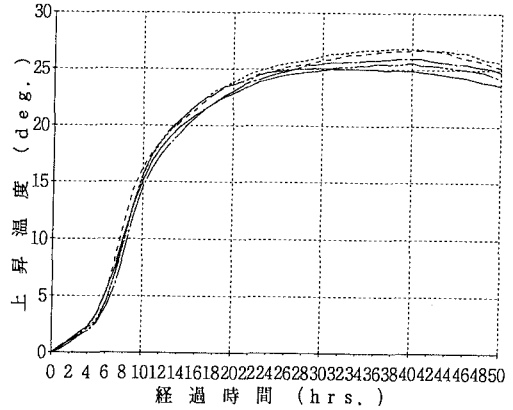


図2 簡易断熱温度上昇試験結果

スラリー状に比べて小さいことを示していると考えられる。また、スラリー状SFの分散性は、粉末状と同程度以上と考えられる。図2に簡易断熱温度上昇試験の結果を、また、図3、図4に微量熱量計による試験結果を示す。図2より、SFを使用したコンクリートは、無混入に比べ、最高到達温度が高くなる傾向が認められた。特に粉末状のものが高くなる傾向を示した。しかし、発熱開始時期は、顆粒状が無混入より若干遅くなった。また、微量熱量計の結果においても（図3、4）、顆粒状SFを使用した場合、粉末、スラリー状に比べ、第2発熱ピークが長時間側へシフトし、低い値となった。粉末、スラリー状の場合、ピークが短時間側へシフトする傾向が認められた。これは、初期の圧縮強度において、顆粒状が最も低くなることとも関係しているように思われ、コンクリート中でのSFの分散状態に起因すると考えられる。つまり、分散したSFがセメントペースト中の $Ca(OH)_2$ を消費し、 C_3S の水和反応が促進されるためと考えられ、顆粒状はこの分散性が小さく、反応が遅れるためと推測される。

4. まとめ
今回の研究より次のことが考えられる。
1) 顆粒状SFは他の形態のものに比べ分散性が低く、SPの添加量を多く必要とする。
2) 使用するSFの形態は、コンクリートの圧縮強度に影響を及ぼす要因となる。
3) 粉末、スラリー状のSFは、 C_3S の水和反応を促進する傾向にある。

今回の研究より次のことが考えられる。

- 1) 顆粒状SFは他の形態のものに比べ分散性が低く、SPの添加量を多く必要とする。
- 2) 使用するSFの形態は、コンクリートの圧縮強度に影響を及ぼす要因となる。
- 3) 粉末、スラリー状のSFは、 C_3S の水和反応を促進する傾向にある。

なお、本研究は、北海道開発局開発土木研究所構造部材料研究室と日本シーカ（株）研究所の、共同研究の一環として行われたものである。

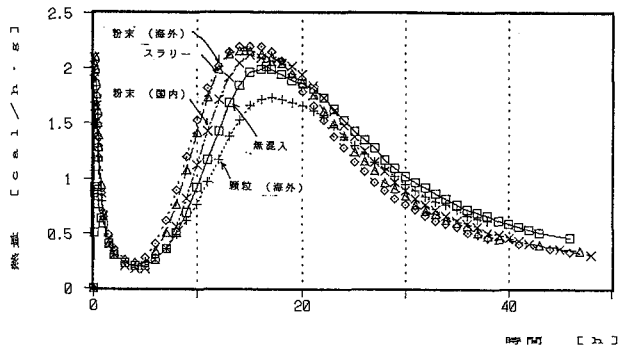


図3 微量熱量計による水和発熱曲線（SP無使用）

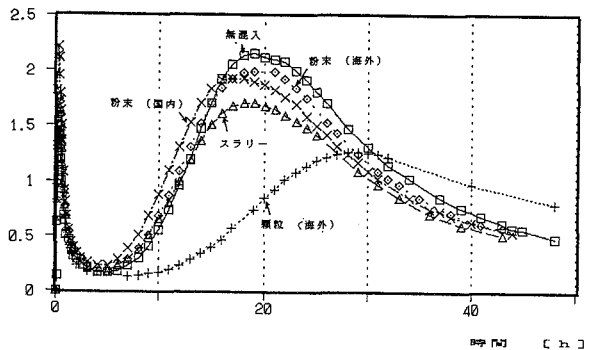


図4 微量熱量計による水和発熱曲線（SP使用）