

シリカフェームのボゾラン反応

近畿大学 正員 川東 龍夫

1. まえがき

コンクリート中に分散されたシリカフェーム (SF) の強度発現効果は、(i)一次および二次的な空隙充填性、(ii)SFの化学反応性 の二要因によるところが大きい。ここで、(i)において、一次はSFの物理的性質によって、また、二次は(ii)の化学的性質によって各々引き起こされる空隙充填性をいう。

本報告は、(ii)における、セメントの水和により生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とSFとのボゾラン反応 を強度試験および粉末X線回折試験によって検討したものである。

2. 実験概要

セメントの水和現象によって、セメント硬化体の力学的物性を説明することは難しく、また、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とSFのボゾラン反応が上記物性に寄与する程度を推定することは、さらに困難である。

そこで、①セメントの水和→② $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成⇒③ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -SF水和反応の各過程のうち、③のみに着目した。

以下に示す実験内容と制約条件にしたがって、SF- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 硬化体の力学的物性(強度)とSF- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の水和挙動との関連性について若干の考察を行った。

(1)実験内容：(i)SF- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 配合のモデル化と、材令変化による各配合体の硬化進行程度の相違

(ii)上記モデルペースト強度とモルタル強度との相関性 (iii)硬化体強度の増加と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の相対変化

(2)制約条件：(i)空隙の影響を考えない(SF混入と水和による) (ii)養生は水中のみとする($20 \pm 1^\circ\text{C}$)

(iv)セメントが水和することにより生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は、経時変化量を考慮せず、最大生成量としてセメント重量の30%とする

なお、実験に使用した材料は、市販の粉体SF、普通ポルトランドセメントおよび豊浦標準砂、X線回折試験の測定条件は、Cu-K α 、40KV-100mA、スリット系 $1^\circ-1^\circ-0.15\text{mm}$ とした。

3. 実験結果と考察

(1) セメント= $\text{Ca}(\text{OH})_2/0.3$ とし、 $\text{SF}/(\text{セメント}+\text{SF})=0.10 \sim 0.25$ (0.05変化)になるようSFおよび $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を決定し水を加えたペースト と(SF+ $\text{Ca}(\text{OH})_2$):標準砂=1:2(重量比)に配合されたモルタル(いずれもSFと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ はペーストと同一比、水は所定の流動性を得るために必要な量)の強度($\phi 5 \times 10\text{cm}$)の処理結果を表-1(a),(b)に示す。表の左下の値は、各材令においてSF混合率10%に対する混合率変化の強度比を示

表-1 (a) SF- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ペーストの強度増加率 (b) SF- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ モルタルの強度増加率

	7 日	14日	28日		7 日	14日	28日
SF 10%	1	3.11	5.62	SF 10%	1	3.00	4.30
15	1.68	2.47	3.89	15	1.65	2.76	3.82
20	2.25	1.99	3.57	20	1.94	2.69	3.82
25	2.44	2.00	2.87	25	2.26	2.44	3.59
		1.57	1.25			1.83	1.91

Tatsuo KAWAHIGASHI

しており、右上の値は、各混合率において7日強度に対する14日、28日の強度比を示したものである。

これらの結果によれば、SFの混合率増加は強度を増加させ、各材令とも混合率と強度増加率とは比例関係にあると言える。特に、混合率による強度増加への影響は、ペースト・モルタルとも初期の7日において大きい。また、モルタルにおける混合率の影響は、14日および28日ともペーストに比較して大きい。

各混合率において、材令を7日迄(A)、7~14日(B)および14~28日(C)の期間に分けて強度の伸び率を比較すると、全般にB期間がA期間と同程度あるいはそれ以上で、次にAがつづき、日数の最も長いCはA、Bより低い結果となっている。この結果より、SF-Ca(OH)₂のポズラン反応は、SFおよびCa(OH)₂の両者が水雰囲気下で存在した後、7日~14日にかけて活発に行われる。この期間における材令に対する反応進行程度は、14~28日と比較すると、約1.5~2倍(SF混合率によってはそれ以上)で、強度発現への寄与率の高さがうかがえる。したがって、セメント中に分散されたSFのポズラン反応は、セメントの種類にもよるが、主な組成化合物であるC₃Sの水和の大半が7日までに完了するならば、セメントが接水後、14~28日を中心とした時期に活発に行われると考えられる。また、セメント中のSFの反応程度はSF量によって異なり、この期間(14~28日)に強度発現率も相違すると推察される。

(2) 図-1は、表-1のSF混合率10%-材令7日の強度を基準値とし、各SF混合率-材令の強度比におけるペーストとモルタルの関係を示したものである。これによれば、ペースト強度(PS)比(PR)とモルタル強度(MS)比(MR)は高い相関関係にある。(PS)と(MS)の関係は、 $(MS)=1.149(PS)+0.092$ ($r=0.9679$)の一次回帰で表わすことができ、(MS)の値が(PS)より高い関係にある。これは、加えられた水の量と砂の影響によるものと考えられる。

(3) 表-2(a)に28日および56日におけるペーストのSF/(Ca(OH)₂+SF)の変化と強度試験結果を、(b)に(a)試料におけるSF混合量とX線回折試験によるCa(OH)₂のピーク強度($2\theta=18^\circ$, $d=4.9\text{\AA}$)の処理値を示す。この処理値は、基準値をSF10%-28日の値とし各相対比を示す。(a)の結果によれば、28,56日ともSF混合率に比例して強度の値は高くなっている。このことは、(2)の結果と同様であり、SF混合率が強度に影響していることがわかる。また、28日から56日に至る強度の増加率は、各SF混合率とも約0.2~0.3である。

Ca(OH)₂のピーク強度は、SF混合率の増加にしたがって減少する。このことは、28日に比較して56日においてより大きい。28~56日におけるピーク強度の減少と、強度試験結果の増加率に相関性が認められる。

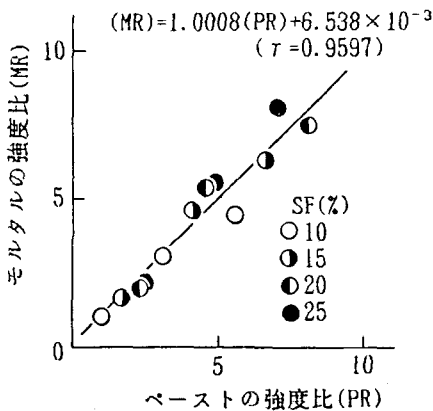


図-1 (PR)-(MR)の関係

表-2 (a)強度比 (b)ピーク強度比

SF	28日	56日	28日	56日
10	1	1.24	1	0.77
20	4.24	5.14	0.71	0.59
30	6.38	8.52	0.52	0.15
35	7.29	9.29	0.34	0.22
40	6.52	7.76	0.37	0.12