

高炉スラグセメントペーストの自己収縮と細孔構造

金沢大学工学部

長崎 裕 幸

金沢大学大学院 正会員 五十嵐 心一

金沢大学工学部 正会員 渡辺 暁 央

1. 序論

低水セメント比の高強度コンクリートは、単位セメント量が大きく、このため発熱量が大きくなるという問題がある。そこで、発熱量が少なく、資源有効活用もできる、混合セメントを用いることが多くなっている。その1つである高炉スラグセメントを用いたコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いたものに比べ緻密な組織を形成し、耐久性に優れるが、一方で自己収縮が大きくなるという問題も指摘されている。しかし、その自己収縮を内部組織の特徴との関連において検討した例は多くない。

本研究では、高炉セメントペーストの自己収縮を測定し、普通セメントペーストと自己収縮特性を比較した。さらに、自己収縮抑制法の1つとして提案されている超吸水性ポリマー(SAP: Super Absorbent Polymer)を内部水源とした内部養生法を高炉セメントペーストに適用し、SAPの自己収縮抑制効果を内部組織形成との関連において検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種を使用し、減水剤はポリカルボン酸系の高性能AE減水剤を使用した。内部養生に用いたSAPはアクリル

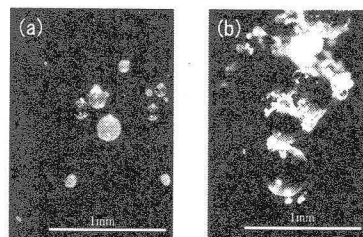


図-1 超吸水性ポリマー
(a)吸水前(b)吸水後

表-1 セメントペーストの配合

	W/C	SAP(%Cwt)	SP(%Cwt)
普通セメントペースト (OPC)	0.25	0	0.6
		0.35	0.8
		0.7	0.8
高炉セメントペースト (BFS)	0.25	0	0.25
		0.35	0.25
		0.7	0.25

ルアミド・アクリル酸供重合ポリマーであり、平均粒子径が $200\mu\text{m}$ の粉体で、粒度分布はほぼ単一粒子寸法からなる。SAPの吸水前後の状態を図-1に示す。このSAPの吸水能はアルカリ性溶液で粉体乾燥質量1gあたり13gである。SAPの混入率は、W/Cが0.25の普通セメントペーストの化学収縮を補償する水量、およびその2倍の水量をSAPに貯水させるものとし、セメント量に対して質量百分率の0.35%と0.7%とした。高炉セメントペーストにも同量のSAPを混入することとした。セメントペーストの配合を表-1に示す。

2.2 実験方法

(1) セメントペーストの長さ変化試験

直径約30mm、長さ300mmのコルゲートチューブにセメントペーストを振動台の上に鉛直に保持し、振動を加えながら、上部からセメントペーストを静かに注ぎ込んだ。十分に空気を追い出した後、密栓して長さ変化測定用供試体とした。これを $18\pm1^\circ\text{C}$ の恒温室内にて水平にして保管し、図-2に示す長さ変化測定装置を用いて、所定材齢にて長さ測定を行った。供試体数は、それぞれの配合に対して3本であり、予備試験にて求めた凝結始発時を始点として、自己変形ひずみの平均値を求めた。

(2) 内部組織観察

長さ変化測定試験終了後、使用したセメントペースト供試体から試料を切り出し、樹脂含浸を行った後に表面を研磨して、反射電子観察試料とした。取得した反射電子像の画像解析によりセメントの反応度と細孔

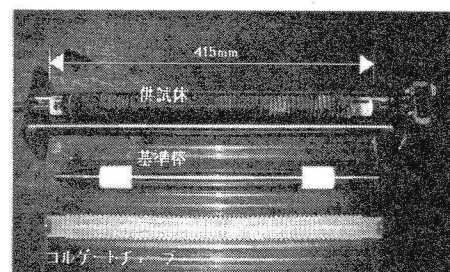


図-2 セメントペーストの
長さ変化測定装置

径分布を求めた。反応度は画像解析より求められた未反応結合材体積率と練り混ぜ初期の結合材の体積率から求めた。細孔径分布は画像解析より求めた毛細管空隙を面積の等しい円に置換し、それらを円相当径の順に並べ替えて求めた。

3. 結果および考察

図-3 はセメントペーストの自己変形を示したものである。普通セメントペーストにおいては、材齢 14 日で 3000×10^{-6} 程度の大きな自己収縮ひずみを生じ、

SAP を混入すると自己収縮は大きく低減した。特に SAP を 0.7% 混入したものは収縮がまったく認められず、初期から膨張を生じている。これに対し、高炉セメントペーストの場合は、普通セメントペーストに比べて自己収縮はかなり小さく、

材齢 14 日で 1200×10^{-6} 程度のひずみを生じているにすぎない。また、SAP を混入すると、いずれも最初に膨張を生ずるが、その後材齢の進行とともに自己収縮が増大している。

図-4 は材齢 14 日における粗大毛細管空隙の細孔径分布を示したものである。普通セメントペーストと高炉セメントペーストの最大細孔径および細孔量を比較すると、いずれの SAP 混入量の場合も大きな差は認められず、同様の粗大毛細管空隙構造が形成されていたと考えられる。若材齢において高炉セメントペーストは普通セメントペーストよりも大きな自己収縮を示すことが報告されており、その理由として、化学収縮量が多いこと、緻密な組織形成に伴い毛細管張力が増大することなどが挙げられている[1]。しかし、本実験においては、図-3 に示すように高炉セメントペーストの方が収縮は小さく、また、組織の緻密さにも大きな差はない。実際、表-2 に示すように普通セメントペーストおよび高炉セメントペーストの材齢 14 日における反応度にも大きな差はない。よって、高炉スラグ自体の反応性を考慮すると、本実験において高炉セメントペーストの組織は緻密ではなく、また自己乾燥の程度も低かったため[1]、自己収縮が小さくなったと考えられる。また SAP は周囲のマトリックスとの湿度勾配の発生により周囲に水分を供給するが、高炉セメントペーストでは、その湿度勾配が小さかったため普通セメントペーストに比べて SAP の効果が顕著に現れなかったと考えられる。

4. 結論

高炉セメントペーストの自己収縮は必ずしも普通セメントペーストよりも大きくなるとは限らないようである。また、スラグ自体の反応も活発ではなく相対湿度の低下も緩やかであったため SAP の自己収縮抑制効果が十分に発揮されなかったものと考えられる。

参考文献：1)Pietro Lura.et al.: Cement and Concrete Research,Vol.31,No.12, pp.1867-1872, 2001

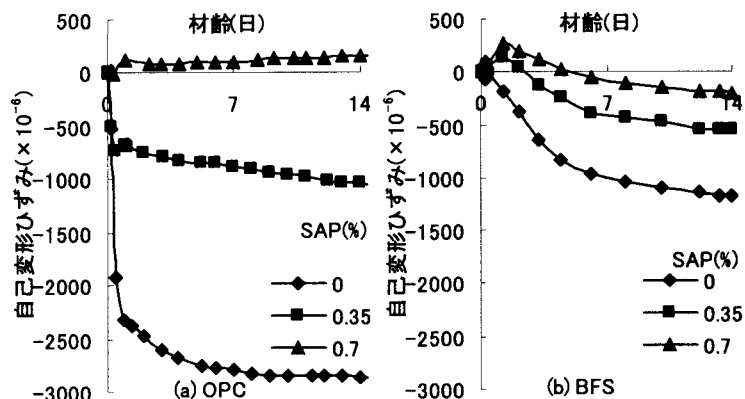


図-3 セメントペーストの自己変形

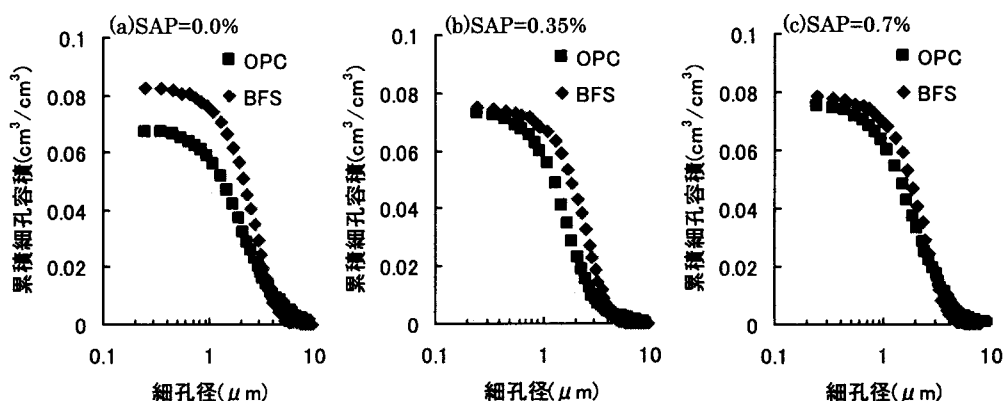


図-4 セメントペーストの細孔径分布

表-2 セメントの反応度

SAP 混入量	0.00%	0.35%	0.70%
OPC	0.53	0.54	0.59
BFS	0.57	0.56	0.56