

超吸水性ポリマーがモルタルのレオロジー特性に及ぼす影響

金沢大学 学生会員 ○桑原 寛司
金沢大学 正会員 五十嵐 心一

1. はじめに

コンクリート用に開発が進んでいる超吸水性ポリマー(SAP: Superabsorbent polymer)は、練り混ぜ中においても水に溶解せずに周囲の水分を素早く吸収し、飽水時の形状を保持する。この性能を活かし、SAPの混入によりセメントペーストマトリックスの自由水の量を減少させ、増粘効果をもたせるSAPのレオロジー調整剤としての検討が行われている。しかし、SAPの混入による増粘機構に関する研究は少なく、その有用性は未だ明らかにされていない。

本研究においては、高水セメント比のモルタルへのSAPの混入が、レオロジー特性に及ぼす影響をセルロース系増粘剤と比較しながら論ずることを目的とする。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

セメントおよび細骨材には、普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm³，比表面積：3310cm²/g）および石川県手取川産の川砂（密度：2.61g/cm³，吸水率：1.48%）を用いた。水セメント比を0.60とし、セメント砂比1:2（質量比）のモルタルを作製した。使用した超吸水性ポリマー(SAP)は、その製造過程の違いにより、表-1に示すように平均径（D₅₀）および形状、コンクリート中での吸水能がそれぞれ異なる3種類のSAP-A, B, C（図-1）である。また、使用したSAPの粒度分布を図-2に示す。比較のために、水溶性セルロース系の増粘剤を添加したモルタル供試体も作製した。SAPおよび増粘剤の混入量が等しくなるようにした配合では、練混ぜ水の質量に対して0.25, 0.5および1%とした。また、表-2に示すように、SAPの吸水量（単位水量に対して8.3%, 16.6%）が等しくなるように、SAPの混入量を調節

表-1 使用したSAPの諸元

使用SAP	製造方法	平均径 D ₅₀ (mm)		形状	吸水能 (g/g)
		吸水前	吸水後		
SAP-A	水溶液重合法	0.95	2.05	不規則形状	10
SAP-B	逆相懸濁重合法	0.35	0.83	球状	13.3
SAP-C	水溶液重合法	0.25	0.80	不規則形状	33

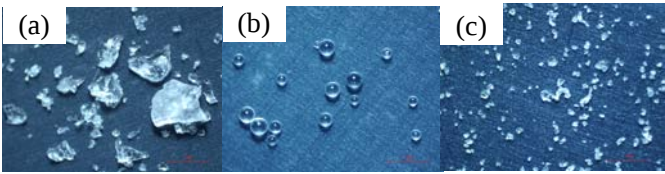


図-1 使用したSAPの写真
((a) SAP-A, (b) SAP-B, (c) SAP-C)

したモルタルも作製した。JIS A 1123を参考にして、ブリーディングが認められなくなるまでモルタル上面の水を採取し、モルタルのブリーディング率を得た。

(2) レオロジー試験

練り混ぜ後、恒温環境（温度：20±2℃）にてモルタル供試体のレオロジー定数の測定を行った。内円板型回転粘度計を用いて、回転速度 2, 6, 12, 20, 30, 50rpmにてそれぞれ約20秒ずつ、回転速度の下降過程においてせん断応力を測定した。ビンガム流体を仮定し、せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ およびせん断応力 τ の関係を直線回帰し、式(1)によりモルタルの降伏値 τ_0 および塑性粘度 η を得た。

$$\tau - \tau_0 = \eta \dot{\gamma} \tag{1}$$

ここに、 τ はせん断応力(Pa)， τ_0 は降伏値(Pa)， η は塑性粘度(Pa・s)， $\dot{\gamma}$ はせん断ひずみ速度(1/s)を表す。

3. 結果および考察

図-3はSAPおよび増粘剤の混入量と15打モルタルフローの関係を示したものである。SAPおよび増粘剤の混入により、フローが低減されていること

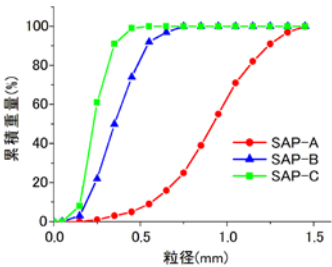


図-2 使用したSAPの粒度分布

表-2 SAPによる吸水量を等しくしたモルタルの配合

使用SAP	単位量(kg/m ³)				
	W	C	S	SAP	
				8.3%	16.6%
SAP-A	356	593	1187	2.97	5.94
SAP-B	356	593	1187	2.23	4.47
SAP-C	356	593	1187	0.90	1.80

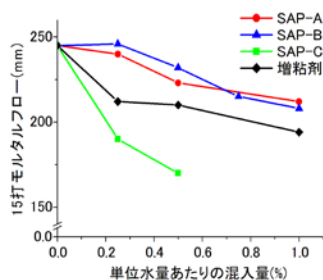


図-3 15 打モルタルフロー

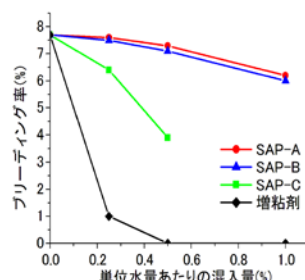


図-4 ブリーディング率

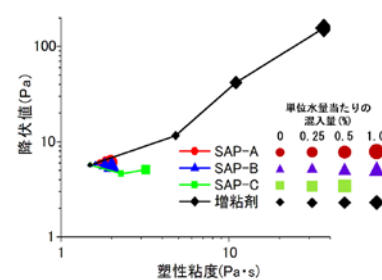


図-5 混入量による降伏値と塑性粘度の変化

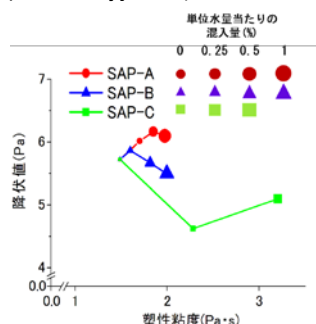


図-6 SAPの混入量による降伏値と塑性粘度の変化

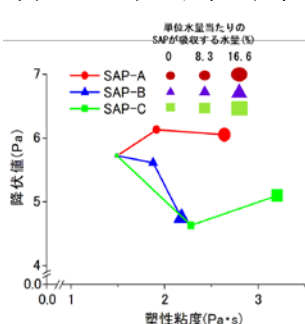


図-7 SAPによる吸水量を等しくした場合の降伏値と塑性粘度の関係

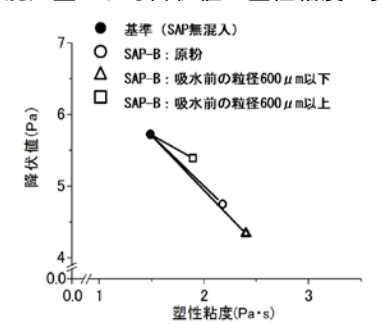


図-8 粒径の異なるSAP-Bを用いた場合の降伏値と塑性粘度の関係

がわかる。等量で比較すると、吸水能の大きいSAP-Cの混入によるモルタルフローの低減が顕著であった。

図-4はSAPおよび増粘剤の混入量とブリーディング率との関係を示したものである。混入量の増大とともに、ブリーディング率が減少した。しかし、本研究の範囲内のSAP混入量では、モルタルのブリーディングは完全には抑制されなかった。

図-5は降伏値と塑性粘度の関係において、SAPおよび増粘剤の混入量による変化を示したものである。SAPを混入したモルタルのレオロジー定数の変化は、増粘剤を混入したものよりも明らかに小さい。図-6は、図-5のSAP混入モルタルの値を拡大して示したものである。SAPの種類により、モルタルのレオロジー定数に及ぼす影響が大きく異なることがわかる。いずれのSAPの場合も、混入量の増大とともに、塑性粘度は増大するが、SAPの混入が降伏値に及ぼす影響はその種類により異なり、粒径が小さいと降伏値は混入量とともに低下する傾向がある。

図-7は、SAPの吸水量が等しくなるように個々のSAP混入量を調節したモルタルの降伏値と塑性粘度の関係を示したものである。この場合は、自由水の水量も等しいことになる。吸水後の平均粒径が大きいSAP-Aでは、降伏値はほとんど変化せず、塑性粘度は混入量とともに増大している。これに対して、平均粒径が小さく、ほぼ単一粒度である球状のSAP-Bの場合は、塑性粘度の変化が比較的小さく、降伏値の低下が顕著である。さらに、小径のSAP-C

では、降伏値の変化は単調ではないが、少なくとも不規則形状のSAPを用いると、塑性粘度の増大割合は大きいといえる。

図-8は、ほぼ単一粒度をもつSAP-Bを用いて、吸水前のSAP-Bを粒径300μm以下と300μm以上に分級し、等量のSAP(単位水量当たり1.67%)として混入したとき、モルタルのレオロジー特性に及ぼす影響を、SAP-Bの原粉を用いた場合と比較したものである。同じ種類のSAPを等量用いると、粒径の大きなSAP-Bを用いた場合よりも、粒径の小さなSAP-Bの方が降伏値は低下するものの、塑性粘度は大きい値を示した。

降伏値は内部の個体粒子のブロックの破壊に関係することを考慮すると、小径のSAPを用いることにより、多数のSAP粒子が液相中に存在することが、セメント粒子のブロックの形成に影響を及ぼしていると考えられる。

4. 結論

増粘剤に比べれば効果は小さいが、SAPはモルタルのレオロジー特性を変化させる効果をもつ。その効果はSAPの粒子形状に依存するようであり、吸水能が大きく細かい粒子ほどレオロジー特性の変化は大きい。

謝辞

本研究の実施にあたり日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号21560482)の交付を受けた。ここに記して、謝意を表す。