

超吸水性ポリマーの内部養生効果に関する基礎研究

金沢大学理工学域 学生会員 ○横田 光一郎
金沢大学理工学域 正会員 五十嵐 心一

1. 序論

高強度コンクリートの自己収縮を抑制する手法として、保水機能を有する材料を混入する内部養生法がある。その内部養生材の一つとして、超吸水性ポリマー (SAP : Super Absorbent Polymer) がある。SAP は組成や製造方法の違いから、粉体や球体、粒状のものなど形状が異なる。また、吸水力や保水力が異なることから、内部養生効果にも差が生じると思われる。しかし、異なる SAP による内部養生効果を評価した例は少ない。

本研究では、異なる SAP を内部養生材として用いたモルタルの自己収縮挙動を比較し、その異同を SAP の空間分布の観点から検討することを目的とする。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびモルタルの配合

普通ポルトランドセメント (密度 : 3.15g/cm^3 , 比表面積 : $3310\text{cm}^2/\text{g}$), シリカフューム粉体 (密度 : 2.20g/cm^3) および珪砂 (密度 : 2.62g/cm^3 , 吸水率 : 0.40% , $G_{\max} : 5\text{mm}$) を使用して、水結合材比が 0.28 , 砂結合材比が 1.72 のモルタルを練り混ぜた。なお、シリカフューム置換率はセメント質量に対して 9.4% とし、混和剤としてポリカルボン酸エーテル系の高性能減水剤を用いた。また、製造方法および製造バッチの異なる 3 種類の SAP を使用し、その添加量はセメント質量の 0.3% とした。それぞれの SAP の吸水能 (SAP-A : 10 倍, SAP-B : 13.3 倍, SAP-C : 13 倍) に応じて水を加えた。この水は練り混ぜ中にすべて SAP が吸水し、セメントペーストマトリックスの水結合材比は変化させないと仮定した。内部養生材として用いた吸水前の SAP を図-1 に示す。

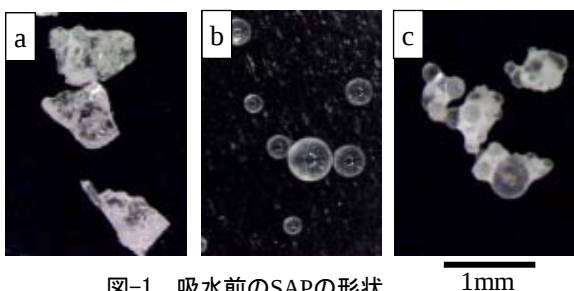


図-1 吸水前のSAPの形状
(a)SAP-A,(b)SAP-B,(c)SAP-C

(2) SAP の粒度分布

図-1 に示すような顕微鏡画像を用い、画像解析法により円相当径を求めた。なお、観察倍率は 40 倍とし、それぞれ 1000 個程度の粒子を計測した。

(3) 強度試験

JIS R 5201 に準じて、 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ の角柱供試体を作製し、密封養生を行った。所定材齢にて圧縮強度試験を行った。

(4) モルタルの長さ変化試験

ASTM C 1698 に従って、ポリエチレン製のコルゲートチューブ (直径 : 約 30mm , 長さ : 約 420mm) 内にモルタルを注ぎ、長さ変化測定用供試体とした。これを 20°C の恒温室内にて水平に静置し、図-2 に示す長さ変化測定装置を用いて、供試体の長さ変化を継続的に測定した。予備試験にて別途、セメントペーストの凝結試験を行い、始発時を自己収縮の始点とした。

(5) モルタル供試体断面の画像解析

(3) にて作製したモルタル供試体から厚さ 10mm 程度の板状の試料を切り出した。耐水研磨紙を用いて切断面を研磨した後、エタノールに浸漬して内部水との置換を行った。真空乾燥した試料に赤色染料含有エポキシ樹脂を含浸させた。樹脂の硬化後に研磨を施し、空隙のみを染色した試料を作製した。この試料に対し、スキャナーを用いて解像度 1200dpi でカラー画像を取得した。1 画像は 1652×1653 画素からなり 1 画素は $21.2\mu\text{m}$ に相当する。画像解析ソフトウェアを用いて染色部を抽出し、手動補正を施したうえで、SAP および気泡の抽出画像とした。また、SAP 無混入の試料に対しても同様にして、気泡および毛细管空隙量と空隙径分布を求めた。この結果を基にして、SAP を混入した



図-2 長さ変化測定装置

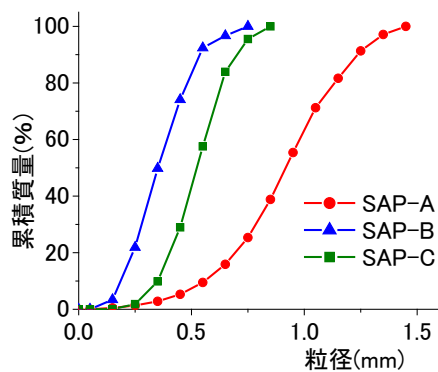


図-3 SAP の粒度分布

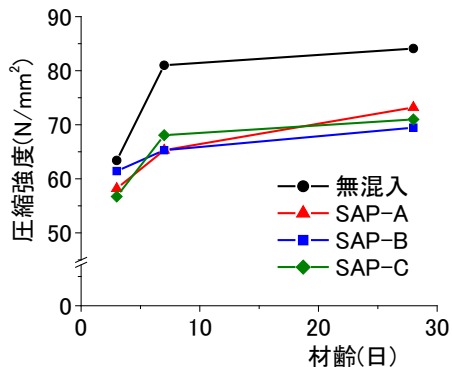


図-4 圧縮強度の変化

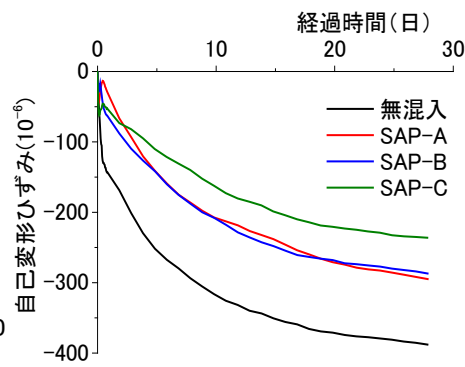


図-5 長さ変化試験結果

2 値画像から、マトリックス中の気泡および毛細管空隙と考えられる粒子を画像演算によりランダムに除去し、SAP 粒子を抽出した 2 値画像を得た。

(6) 接触分布関数

接触分布関数の定義を(1)式に示す。SAP ではないマトリックス部分にランダムに 40000 点を落とし、それらの点から最も近い SAP 粒子表面までの距離を求め、接触分布関数を計算した。

$$H(r)=P\{r_i \leq r\} \quad (1)$$

ここに、 $P\{\}$ は確率を示す。

3. 結果および考察

図-3 は SAP 粒子の円相当径に基づく粒度分布を示したものである。SAP-A は平均径 (D_{50}) が $900\mu\text{m}$ と大きく、最も範囲の広い粒度分布を持つ。それに対して、SAP-B は粒度分布の範囲が狭く、平均径が $350\mu\text{m}$ と小さい。また、SAP-C は平均径が $500\mu\text{m}$ であったが、表面に界面活性剤が付着した凝集体であるため、実際の粒径より大きく測定されている。

図-4 は、密封養生を行ったモルタルの圧縮強度を示したものである。SAP を混入したモルタル間には、強度に差がみられなかったが、無混入のモルタルと比較すると 15% 程度の強度低下がみられた。これは、SAP を混入したことにより、粗大な空隙が増加したためといえる。また、SAP に付着した界面活性剤により、空気が連行された可能性が挙げられる。

図-5 は、長さ変化試験の結果を示したものである。SAP の混入により、無混入のモルタルよりも自己収縮ひずみが低減され、また、初期には膨張も認められた。中でも SAP-A が大きく膨張したが、その後の収縮は SAP-B と同様の傾向を示した。それに対して、SAP-C は初期の膨張は小さいが、自己収縮ひずみが最も小さい結果となった。

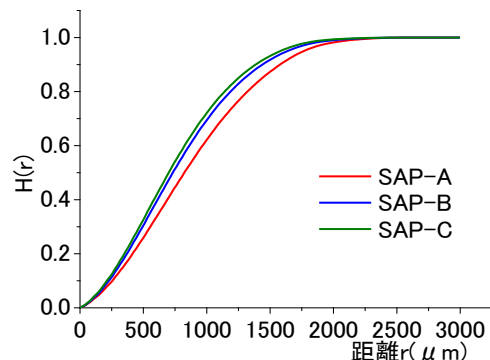


図-6 接触分布関数

図-6 は、SAP 粒子表面を点過程の点とみなして求めた接触分布関数を示したものである。SAP-B と SAP-C はほぼ同様の空間分布を示し、マトリックス内のいずれの点も SAP 粒子から 2mm 以下の距離内にある。これより、凝集体であった SAP-C は練り混ぜ過程にて適切に分散していたと考えられる。一方、SAP-A は大きな粒子を含むために、全体として粒子個数は少なくなる。このため、接触分布関数の収束距離が若干大きくなっているが、関数分布に大きな差はない。

図-4 および図-6 より、いずれの SAP を用いた場合も、吸水膨張後の SAP 体積は同程度で空間分布にも大きな差はなかったといえる。しかし、自己収縮ひずみの抑制効果には差が認められた。このことは、SAP 自身の水分供給特性に相違があり、これによって収縮挙動が影響を受けることを示すと考えられる¹⁾。

4. 結論

SAP の体積および空間配置が同様であっても、自己収縮挙動には差を生じることがあり、SAP 自身に供給性の相違を生じさせる要因の存在が示唆された。

参考文献

- 1) Semion Zhutovsky, Konstantin Kovler, Arnon Bentur : Revisiting the protected paste volume concept for internal curing of high-strength concretes, Cement and Concrete Research, Vol41, pp.981-986, 2011