

細孔溶液の濃度変化が超吸水性ポリマーの吸水特性に与える影響

金沢大学理工学域 学生会員 ○山田 理恵
金沢大学理工学域 正会員 五十嵐 心一

1. 序論

超吸水性ポリマー（SAP）は自己収縮を抑制するための内部養生材としてコンクリートに用いられることがある。しかし、実際には水分放出は若材齢期間に継続して行われるのではなく、練り混ぜ時に吸収した水を、比較的早い期間に放出してしまう。このような早期における脱水は所期の目的である自己収縮抑制効果の発現に大きな影響を及ぼすと考えられる。一方、SAPの吸水・脱水特性は架橋構造を変化させることにより、比較的容易に変化させることができる。したがって、SAPの吸水・脱水特性を明らかにして、内部養生に適した特性を付与することがコンクリート用SAPの開発においては重要である。本研究においては、現在コンクリート用SAPとしての適用性が検討されている製造法や粒径の異なるSAPに対して、その吸水・脱水特性の相違を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

SAPとして水溶液重合法により製造されたSAP-Aおよび逆相懸濁重合法により製造されたSAP-B、SAP-Cの計3種類を使用した。それぞれのSAPについて、大径（-L）と小径（-S）に分級して使用した。使用するSAPの特性を表-1に示し、吸水前のSAPを図-1に示す。SAP-BとSAP-Cは同じ製造方法であるが、SAP-Cは粒子の周りに微粒子が付着している点で

SAP-Bと異なっている。

2.2 吸水特性の評価

SAPの吸水能を評価するために、Jensen¹⁾らが提案したメスシリンダー法を用いた。本法では、初めに所定量の乾燥したSAPを計りにとってメスシリンダーに投入し、その後、吸水させる液体を所定量加える。ここでは純水を初めに加えた後に、さらに加える溶液として3種類用意し、計4種類の濃度変化パターンを考えた。添加する溶液の種類、順序および投入する時間を図-2に示す。また、材齢により濃度が変化するという細孔溶液の特性を考慮し、30分ごとに濃度変化をさせた模擬細孔溶液の各時間におけるイオン濃度を表-2に示す。溶液①、②、③、④はそれぞれ材齢0、3、6、12時間における細孔溶液の濃度を模擬している。SAPの吸水率Kは以下の式（1）で求めた。

$$K = \frac{\rho_{water}}{\rho_{SAP}} \left(\frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{m_1}{m_2} - 1 \right) \tag{1}$$

ここに、 ρ_{SAP} は吸水前のSAPの密度(g/cm³)、 ρ_{water} は水の密度(g/cm³)、 m_1 は規定量の吸水前のSAP質量(g)、 m_2 は吸水させるSAP質量(g)、 V_1 は規定量の吸水前のSAP体積(ml)、 V_2 は吸水膨張後のSAP体積(ml)である。

3. 結果および考察

図-3は純水投入後に水酸化ナトリウム水溶液を加えた時のSAP-B-Sの吸水量の変化を示したものである。純水を吸水させた時、SAPは約30mlの目盛まで膨潤

表-1 SAPの特性

SAP	粒径範囲 (μm)	製造方法	粒子形状	吸水能(g/g)
A-L	300~600	水溶液重合法	異形	10.0
A-S	150~300			
B-L	300~600	逆相懸濁重合法	球状	13.3
B-S	150~300			
C-L	300~600	逆相懸濁重合法	球状	13.3
C-S	150~300			

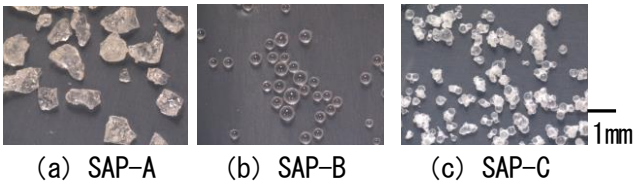


図-1 使用したSAP（分級前）

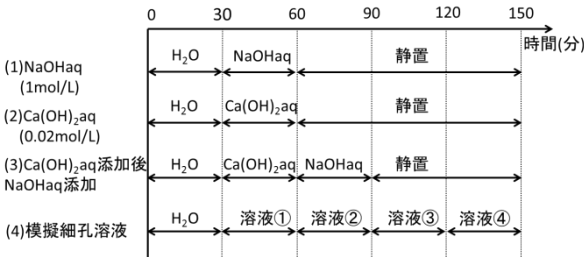


図-2 添加する溶液の種類と順序

表-2 時間ごとの模擬細孔溶液中の各イオン濃度

	濃度(×10 ⁻³ mol/L)			
	溶液①	溶液②	溶液③	溶液④
K ⁺	41	43	46	50
Na ⁺	10	10	9.9	11
Ca ²⁺	1.6	1.4	1.4	0.7

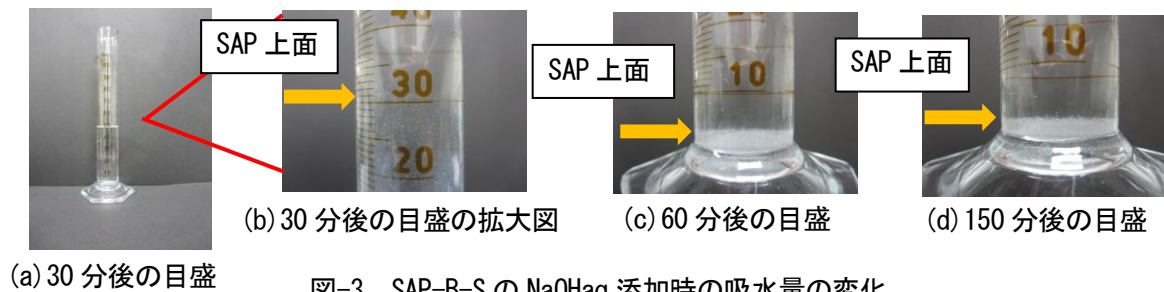


図-3 SAP-B-S の NaOHaq 添加時の吸水量の変化

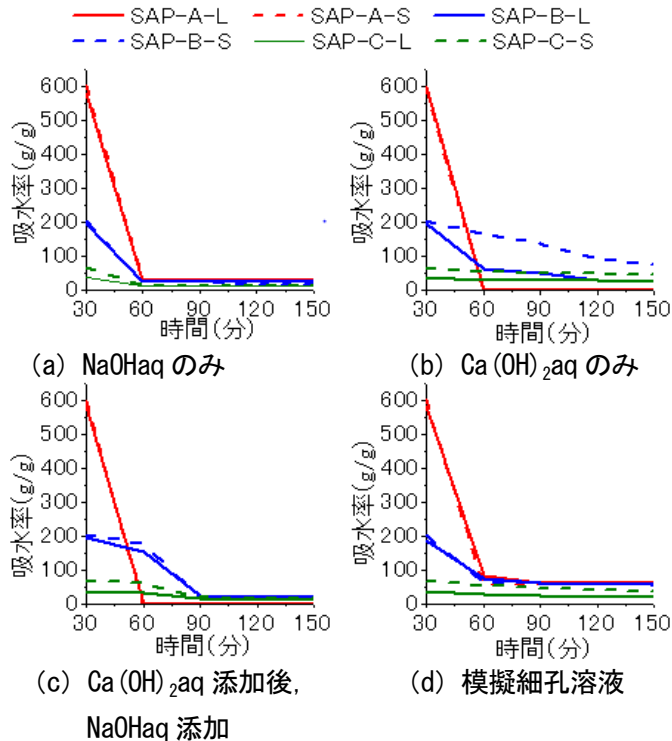


図-4 吸水率の変化

しているが、水酸化ナトリウム水溶液を加えると 30 分後には膨潤面が 3ml まで減少している。SAP が使用される環境でのセメントペーストの始発および終結が 3~4 時間程度であることを考えると、凝結以前にセメントペースト中にて保水能は低下して、SAP は収縮してしまうと考えられる。

図-4 は各種溶液を用いたときのメスシリンダー法の結果を示したものである。純水を加えて膨潤させた時の吸水率は SAP-A から C で 600, 200, 50(g/g) 程度と、吸水能の公称値(表-1)とは大きく異なる。この後に水酸化ナトリウム水溶液を加えると(図-4(a))、全ての SAP において吸水率の減少が見られ、公称値と同程度の値を示す。SAP は内部の浸透圧の減少により脱水するため、急激な溶液濃度変化が脱水傾向に影響していると考えられる。また、この実験では全ての SAP において、粒径による吸水・脱水特性にあまり差異が生じていないことが確認できた。

水酸化カルシウム水溶液を添加した場合(図-4(b))、SAP-A は図-4(a)と同じ傾向を示すが、脱水が顕著であり、吸水した水をほぼ全て放出してしまう。それに対して、SAP-B は図-4(a)よりも緩やかに減少し、小径の粒子は特に脱水速度がかなり小さい。SAP-C も同様の傾向を示し、粒径や製造法の相違によって脱水傾向が変化することがわかる。

水酸化カルシウム水溶液を添加した後、水酸化ナトリウム水溶液を添加した場合(図-4(c))、水酸化カルシウム水溶液添加後は、SAP-A は粒径に関わらず、図-4(b)と同様に内部貯水をすべて放出してしまう。SAP-B は水酸化カルシウム水溶液を添加後、しばらく保水しているが、水酸化ナトリウム水溶液を加えた後は、急激な脱水を生じている。一方、SAP-C は吸水率は小さいけれどもアルカリ性溶液の添加に対しては安定しており、図-4(a)、(b)同様、吸水率の変化は小さい。

模擬細孔溶液を添加した場合、SAP-A, B は添加直後から急激な吸水量の減少が見られ、図-4(a)と同様の傾向が見られた。しかし、SAP-C についてはやはり急激な脱水が確認されず、緩やかに脱水することがわかる。また、模擬細孔溶液を添加した場合、概して粒径による変化傾向にあまり差がないことも確認できる。同じ製造方法でも SAP-B と SAP-C では異なる挙動を示し、粒子の付着物が吸水・脱水特性に影響を与えたことが考えられる。

4. 結論

コンクリートの内部養生材として用いられる SAP の吸水・脱水には細孔溶液の濃度が関係していることが確認できた。これより、若材齢期の液相の特性を考慮した SAP の製造や粒径の選択が重要であることが示された。

参考文献：

- 1) Jensen, O. M : Advances in Construction Materials through Science and Engineering, RILEM PRO 79, pp. 22-35, 2011