

超吸水性ポリマー混入モルタルの収縮挙動

金沢大学理工学域 学生会員 ○桑原 寛司
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 : Super Absorbent Polymer)は、低水セメント比のコンクリートの自己収縮を低減する内部養生材としての有用性に限らず、セメント系材料への幅広い適用が模索されている。しかし、セメントマトリックス中での SAP の保水時間は、必ずしも長くはないようであり、内部貯水を若材齢にて放出して、マトリックスの水セメント比を増大させると考えられている。よって、SAP の新たな用途展開を考えるうえで、そのような若材齢期における水分放出が、硬化過程および硬化後の物性発現や体積変化に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

本研究においては SAP の混入が自己収縮および乾燥収縮の両影響を受けるモルタルの収縮挙動に及ぼす影響について、SAP の保水性と関連づけなが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： $3310\text{cm}^2/\text{g}$ ）および手取川産の川砂（密度： 2.61g/cm^3 ，吸水率：1.48%）を使用し、水セメント比 0.40，セメント：砂 = 1：2 のモルタル供試体を作製した。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セメント質量の 0.6% 添加した。使用した SAP はコンクリートの内部養生用に開発されたもので、アクリルアミド・アクリル酸共重合体（密度： 1.25g/cm^3 ）のほぼ単一粒度の粒子である。この SAP は乾燥時の質量の約 13 倍の吸水能を有し、吸水前の平均粒子径は約 $200\mu\text{m}$ 程度、吸水後には約 $500\mu\text{m}$ 程度にまで膨潤する。SAP の混入量は、SAP の過剰混入による強度低下を考慮して、吸水後の

SAP の体積がセメントペーストマトリックス全体積に対して 3% および 10% となるようにした。SAP の吸水量分の水（内部貯水）はあらかじめ練混ぜ水に加えて練り混ぜた。さらに、比較のため SAP を混入していないモルタル供試体も作製した。

(2) 長さ変化試験

ASTM C 1698-09 に従い、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 ）供試体を使用し、密封養生供試体として打ち込み直後からの長さ変化（自己収縮）を測定した。また、密封養生後に乾燥を受ける供試体として直径約 30mm ，長さ約 390mm の円柱供試体を作製した。打設後 24 時間にて脱型し、気中養生（温度： $20\pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度： $60\pm 5\%$ ）を行った。また、一部の供試体についてはビニール袋を用いて密封状態を材齢 7 日まで保持した。この間の長さ変化を測定した後、気中養生を行った。以上の養生条件および使用した長さ変化測定装置を、表-1 および図-1 にそれぞれ示す。

3. 結果および考察

図-2 は、自己収縮ひずみの経時変化を示したものである。SAP 体積率 3% 程度では材齢 1 日までの自己収縮は抑制されるが、その後は単調に増大し、無混入との差も小さい。一方、SAP 体積率 10% の供試体では初期に膨張が認められ、材齢 1 日以後にわずかな自己収縮傾向を示している。

図-3 は、材齢 1 日および 7 日から気中養生を行った供試体の収縮ひずみの経時変化を示したものである。材齢 1 日から気中養生を行った供試体においては、自己収縮と乾燥収縮の両影響を同時に強く受けていると考えられるが、SAP の有無が収縮挙動に及ぼす影響はほとんど認められない。また、材齢 7

表-1 養生条件

養生条件	材齢(日)		
	1	7	28
自己収縮	密封		
自己および乾燥収縮	密封	気中	
自己および乾燥収縮	密封		気中

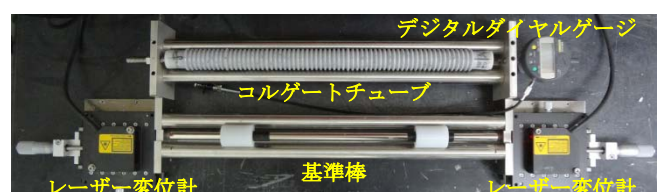


図-1 長さ変化測定装置

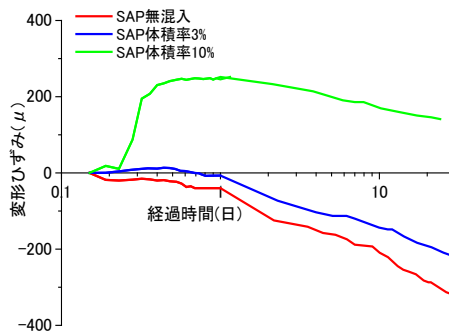


図-2 自己収縮ひずみの経時変化

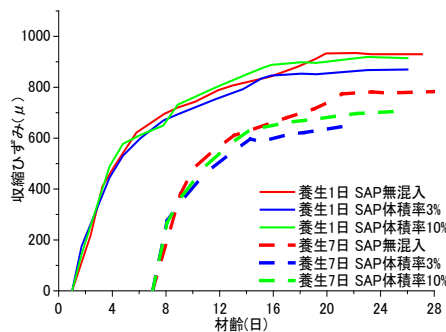


図-3 収縮ひずみの経時変化

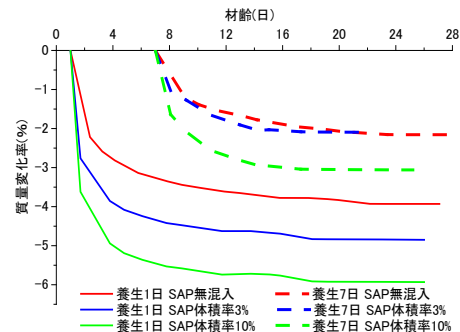


図-4 質量変化率の経時変化

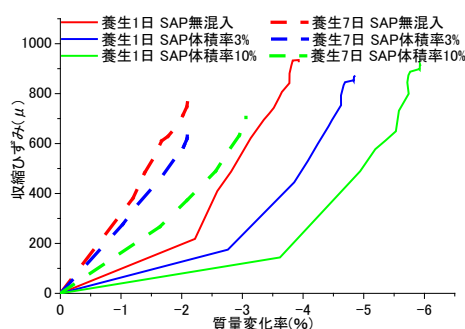


図-5 収縮ひずみと質量変化率の相関

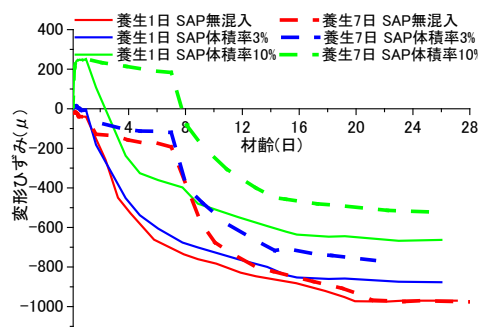


図-6 全収縮ひずみの経時変化

日まで密封養生を行った後に気中養生を行った場合は、SAPを混入した供試体の方が無混入のものよりも収縮が若干低減されているが、概して収縮量の差は大きくないようである。

図-4は、気中養生期間中の質量変化を示したものである。SAPの体積率が大きくなるほど水分逸散量は多く、材齢1日から気中養生を行った場合はSAPの体積率間の質量変化率の差は明瞭である。これに対して、材齢7日から気中養生を行った場合は、SAP無混入とSAP体積率3%間の差は小さいが、やはりSAPを多量に混入した供試体の質量変化が大きくなっている。

図-5は、気中養生期間中の収縮ひずみと質量変化率の関係を示したものである。逸散水量の増大とともに収縮ひずみが増大するのは明らかだが、SAPを混入した場合は、同じ逸散水量でも収縮ひずみはSAP無混入モルタルよりも著しく小さくなっている。

図-6は、密封養生後に乾燥環境におかれた場合の全ひずみ変化として、自己収縮と乾燥収縮を合わせて示したものである。SAP混入供試体では無混入の供試体よりも変形ひずみが低減され、SAPの混入量が多ければ低減効果も大きいように見える。しかし、実際にはSAP体積率10%の供試体は、密封期間である材齢初期の膨張が顕著であり、これによって長期においてひずみにSAPの有無による差が生じ

ていただけであり、乾燥期間における収縮量はSAP無混入と同程度であることに留意せねばならない(図-3)。

SAPの混入が乾燥収縮特性に及ぼす影響については必ずしも明らかにされているわけではないが、一般的には乾燥収縮ひずみは増大するといわれている。しかし、本実験結果からは乾燥収縮に及ぼす影響は大きくないと判断される。これは、SAP混入量が小さい場合は早期にSAP内部の水を放出しても、周囲のマトリックス中の水量の増大は大きくないためと思われる。また、たとえ多量のSAP水が放出されてマトリックス中の水量が増大しても乾燥収縮開始材齢を遅らせるならば、内部乾燥の急激な進行が抑制され、その間の水和の進行によって剛性が増大し、結果として収縮ひずみは小さくなったと考えられる。

4. 結論

SAPの混入は逸散水量を増大させるが、乾燥収縮に対しては大きな影響を及ぼさない。しかし、自己収縮の低減効果が著しいため、結果として全収縮量を減少させる働きを有する。

謝辞

本研究の実施にあたり2012年度セメント協会研究奨励金および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。