

超吸水性ポリマーによる水分の存在形態の変化が自己収縮に及ぼす影響

金沢大学大学院 学生会員 ○山崎 健仁
金沢大学 正会員 五十嵐 心一

1. 序論

超吸水性ポリマー（SAP）はコンクリートの練り混ぜ時に、その吸水能に相当する水とともに添加することによって、若材齢における自己収縮を抑制することができる内部養生材として注目されている。SAP は練り混ぜ時に吸収した水を若材齢において徐々に放出することで水和を促進させつつ、内部相対湿度を高く保つことができ、結果として自己収縮を抑制していると考えられている。しかし、その一方において、練り混ぜ水に SAP 用の内部養生水をさらに加えることは、コンクリートに新たな空隙を導入することを意味し、低水セメント比の高強度コンクリートを使用する場合には、その性能を低下させることになる。したがって、余分な水を加えることなく自己収縮を低減させることが望まれている。

既往の研究では、内部養生水として水分を与えなくとも貯水性の軽量骨材を用いれば自己収縮が低減できることを実験的に示している¹⁾。この考え方に基けば、SAP を用いた場合でも同様の効果が得られると期待されるが、その収縮抑制効果、低減機構を含めて、詳細については明らかではない。本研究は、練り混ぜ時に吸水能相当の水を加えないで、SAP を添加して、練り混ぜ水の一部をゲル化した状態で存在させたときの自己収縮特性を明らかにし、水和反応の進行と関連づけながら考察することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメント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）を使用し、JIS R 5201 に準じて、水セメント比 0.28 のセメントペーストを練り混ぜた。SAP は逆相懸濁重合法により製造されたも

のを使用し、乾燥状態における吸水能は 13.3g/g である（図-1）。SAP はその粒径によって吸水と脱水の傾向が変化するため、これを直径 300μm 以下（SAP-S）と 300μm から 600μm（SAP-L）の 2 種類に分級して、使用した。SAP はセメントペースト全体の水セメント比を変化させずに、練り混ぜ水の 10%（SAP-L(10%W)）あるいは 20%（SAP-L(20%W)）を SAP が保持するようにした供試体を作製した（表-1）。練り混ぜ時にはカルボン酸系の高性能減水剤を添加し、どの供試体もフロー値が同程度になるように調整した。従来の内部養生法の添加方法では、SAP の吸水量を見込んだ水量を余分に加えて、セメントペーストマトリックス全体の水セメント比が一定となるようにして練り混ぜていた。しかし、この配合方針によれば、練り混ぜ水の一部が SAP の吸水ゲルとして置換されることになり、結果として、セメントペーストマトリックスの有効水セメント比（W/C_e）は 0.28 よりも小さいことになる。

2.2 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）供試体を密封養生下での長さ変化測定用供試体として作製した。打ち込み直後から材齢 1 日までの変形につい



図-1 SAP 粒子

表-1 配合及びフレッシュ性状

	W/C	W/C _e	C : W : SP : SAP _{water}	フロー値	始発	終結
REF	0.28	0.28	1 : 0.28 : 0.0056 : 0	244	3:20	4:51
SAP-L(10%W)	0.28	0.252	1 : 0.252 : 0.0070 : 0.028	233	3:42	4:46
SAP-S(10%W)	0.28	0.252	1 : 0.252 : 0.0080 : 0.028	232	3:19	5:34
SAP-L(20%W)	0.28	0.224	1 : 0.224 : 0.0084 : 0.056	230	2:56	4:38

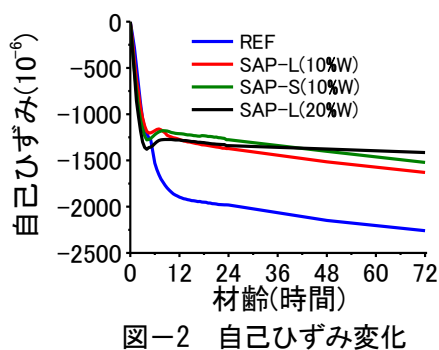


図-2 自己ひずみ変化

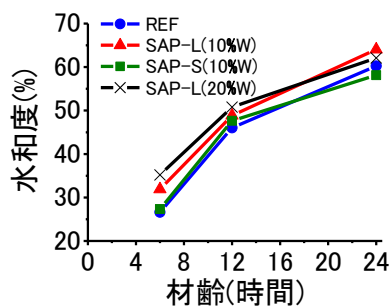


図-3 水和度の変化

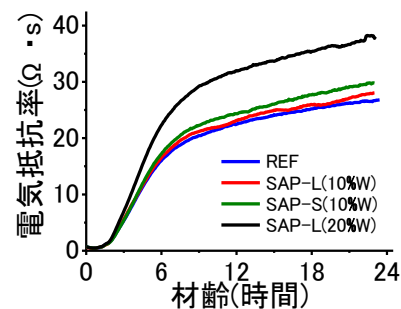


図-4 電気抵抗率の変化

てはレーザー変位計により測定し、その後の長さ変化は接触式のダイヤルゲージにて材齢7日まで測定した。

2.3 凝結試験

水セメント比が0.28のセメントペーストに対しJIS R 5201に従い、凝結試験を行い、始発および終結を決定し、始発を誘導期終了の目安とした。

2.4 電気抵抗率測定

SCE-K 562-2008に基づいた四電極法により、電圧30V、周波数80Hzの交流電圧を円柱供試体(直径50mm、幅100mm)に印加し、打ち込み直後から材齢24時間までのセメントペーストの電気抵抗率を5分間隔で測定した。

2.5 強熱減量試験

水セメント比0.28のセメントペーストを20×30×5mmの型枠に打ち込み、所定時間にて脱型し、速やかに110℃、24時間炉乾燥を行った。乾燥試料を乳鉢で粉碎し、さらに24時間真空乾燥を行った。粉碎した試料をJIS R 5202に規定される方法に準じて強熱し、得られた強熱減量から水和度を算出した。

3. 結果および考察

図-2は打ち込み直後からの長さ変化試験結果を示したものである。SAPを添加していないセメントペーストについては打ち込み直後から強い収縮傾向を示し、始発付近で一旦その傾向が弱まるが、その後、再び収縮傾向を示している。これに対して、SAPを導入すると、SAPの粒径や添加量の違いによらず、始発付近までは無混入の供試体と同じ傾向を示すが、その後は緩やかな膨張を示し、材齢6時間程度まで継続する。材齢6時間以降は、SAP無混入の供試体と同じような収縮傾向を示す。しかし、練り混ぜ水の20%をSAPに保持させるように添加した供試体は、10%保持させるように添加した供試体と比較して、硬化後の収縮が緩和されている。また、SAPを多く添加した供試体は、特

に始発が早期に現れており(表-1)、練り混ぜ水の一部をゲル状にしたことによる組織形成への影響がみられる。

図-3は強熱減量試験から求めた水和度の変化を表したものである。材齢6時間においては大径のSAPを添加した供試体が無混入の供試体よりも高い水和度を示しているが、材齢が進むにつれその差は縮まり、材齢24時間においては同程度の水和度を示している。SAPの早期の吸水・脱水傾向の相違は、ごく初期の水和反応に影響を及ぼす。しかし、セメントペースト内の水分量は同じであるならば、時間の経過とともに水和度は同程度になっていくと考えられる。

図-4は電気抵抗率の変化を示したものである。SAP添加の有無による、電気抵抗率が増大を開始する時間への影響はほとんどない。しかし、練り混ぜ水の20%をSAPで保持させた供試体は、他の供試体よりも大きな割合で電気抵抗率は増加し、材齢24時間では他の配合との差は明瞭である。このことから、材齢24時間における水和物量が同程度であったとしても、SAPにより多くの水分を吸収させたことによって、マトリックス内の水セメント比が低下し、これによって毛細管ネットワーク構造が変化していると考えられる。換言すれば、毛細管ネットワーク構造の変化に対応して、より剛な骨格形成が早期に行われたことになり、これによって自己収縮が低減したと考えられる。

4. 結論

練り混ぜ水の一部をゲル化した状態でSAPに保持させ、セメントペーストマトリックスの有効水セメント比を低減することは、骨格形成を促し、自己収縮を低減すると考えられる。

参考文献

- 1) Ji, T. et al : ACI Materials Journal, Vol.112, No.3, pp.355-364, 2015