

練り混ぜ水の一部を超吸水性ポリマーにより置換したセメントペーストの自己収縮挙動

金沢大学大学院 学生会員 ○山崎 健仁
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混入して、若材齢における自己収縮を低減する内部養生材である。しかし、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、高強度コンクリート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加えなくとも軽量骨材を用いて内部貯水させると自己収縮を低減できることが実験的に示されている¹⁾。この考え方に基づけば、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、その収縮低減効果については明らかでない。本研究は練り混ぜ時に吸水能相当の水を加えないで SAP を混入して、練り混ぜ水の一部をゲル化し、貯水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。SAP の混入方法として、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% を SAP が保持するようにした供試体 (SAP(10%W)) とセメント質量に対して SAP を 0.39%混入し、これに吸水能を見

込んだ水量を余分に加えて、セメントペースト相の水セメント比が 0.28 となるようにした供試体 (SAP (0.39%C)) を作製した (表-1)。また、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。以上の配合をまとめると、SAP (0.39%C) は従来の内部養生法の考え方に従った配合であるが、SAP (10%W) は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、セメントペースト相の有効水セメント比 (W/C_e) は 0.28 よりも小さくなる。したがって、従来の考え方によれば自己収縮が増大する要因を持った配合ということになる。

2. 2 長さ変化試験

JIS R 5201 に従ってセメントペーストを練り混ぜ、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てはレーザ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

JIS R 5201 に従って凝結試験を行い、始発および終結を決定し、始発を誘導期の終了の目安とした。

2. 4 水和度の測定

セメントペーストを 20×30×5mm の型枠に打ち込んだ。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。

2. 5 電気抵抗率の測定

JSCE-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

表-1 セメントペーストの配合

配合名	W/C	W/C _e	C : W _m : SP : W _{SAP}	フロー値	始発	終結
REF	0.28	0.28	1 : 0.280 : 0.0056 : 0	244	3:20	4:51
SAP(10%W)	0.28	0.252	1 : 0.252 : 0.0070 : 0.028	233	3:42	4:46
SAP(0.39%C)	0.33	0.28	1 : 0.280 : 0.0056 : 0.050	239	4:13	5:54

W: セメントペースト全体の水量 (W_m+W_{SAP}), W_m: セメントペースト相中の水量

W_{SAP}: SAPが保持する水量, W/C_e: 有効水セメント比 ((W-W_{SAP})/C), SP: 高性能減水剤

キーワード 若材齢, 自己収縮, 内部養生, 水和度, 電気抵抗率, 圧縮強度

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻 TEL076-264-6373

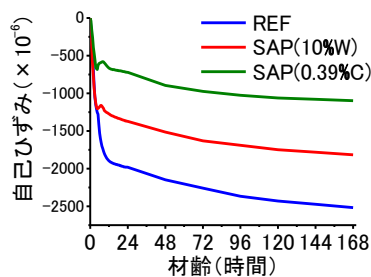


図-1 自己収縮の比較

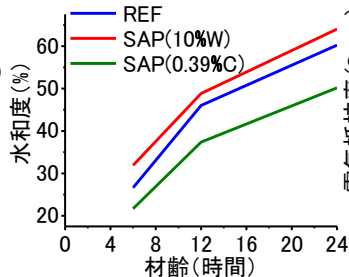


図-2 水和度の変化

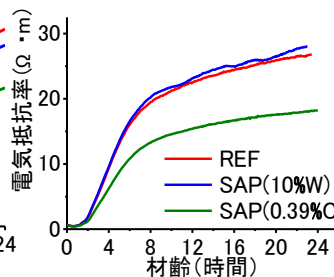


図-3 電気抵抗率の変化

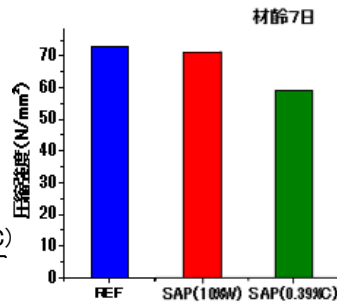


図-4 圧縮強度の比較

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測定した。

2. 6 圧縮強度試験

セメントペーストを 40×40×160mm の三連型枠に打ち込んだ。材齢 1 日にて脱型し、その後、20℃ の水中養生を行った。材齢 7 日にて JIS R 5201 に準じて圧縮強度試験を行った。

3. 結果および考察

図-1 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 を混入していないセメントペースト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。その一方において、SAP を導入して練り混ぜ水の一部をゲル化した供試体は、始発付近までは無混入の供試体と同様に収縮傾向を示すが、始発付近で緩やかに膨張し、材齢 6 時間程度まで継続する。それ以降は、SAP 無混入の供試体と同じような収縮傾向を示す。また、吸水能に相当する水量を余分に加えた SAP 混入供試体は、練り混ぜ水の一部を貯水させた供試体とほぼ同じ変化傾向を示すが、凝結開始前の自己収縮量が大きく低減されている。図-1 より、自己収縮の低減は初期の急激な収縮をいかに減少させるかによって決定されるように思われる。

図-2 は水和度の変化を示したものである。材齢 24 時間までにおいては、SAP を混入して練り混ぜ水の一部をゲル化した供試体が、無混入の供試体よりも高い水和度を示している。これに対して、吸水能相当の水量を余分に加えた SAP 混入供試体は、材齢 24 時間までにおいて最も低い水和度を示している。また、凝結も他の供試体と比較して遅延している（表-1）。

図-3 は電気抵抗率の変化を示したものである。SAP 混入の有無が電気抵抗率の増大を開始する時間へ及ぼす影響はほとんど認められない。練り混ぜ水の一部をゲル化した供試体は無混入の供試体と同様の变化傾向

を示し、類似の固体構造が形成されているようである。

図-2 に示したように、材齢 24 時間における水和度は練り混ぜ水の一部を SAP で保持させたものと無混入の水和度の差は大きくない。よって、水和物量にも大差はなく、また、細孔溶液の電気特性にも大きな差異はないと推察される。それにも関わらず、練り混ぜ水の一部を SAP に保持させたものの方が SAP 無混入のものよりも収縮が低減されている。これについてはさらに検討を要すが、ゲル化した水分が存在することにより、水和反応はセメントペースト相内において均等に進行せず、内部貯水された水分が移動できるような組織が形成されていたと考えられる。その一方において、吸水能相当の水量を余分に加えて SAP を混入した供試体は、電気抵抗率の変化割合が小さく、材齢 24 時間における電気抵抗率も SAP 無混入の供試体よりも小さい。図-2 により、材齢 24 時間までの水和度は無混入の供試体よりも低いことから、水和反応の遅延が電気伝導経路の遮断に影響を及ぼしていると考えられる。

図-4 は各供試体の圧縮強度を示したものである。練り混ぜ水の一部を貯水させたものの圧縮強度は SAP 無混入のものよりもわずかに低下する程度である。その一方において、SAP とともに吸水能相当の水量を余分に加えた供試体は圧縮強度の低下が大きい。このことから、練り混ぜ水の一部を貯水させる方法は、従来の内部養生法よりも圧縮強度の低下が少ないまま、自己収縮を大きく低減できる方法であると判断される。

4. 結論

SAP により練り混ぜ水の一部をゲル化させることは、強度への影響を低減した上での自己収縮低減法として有用な手段になりうるものと期待される。

参考文献

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