

超吸水性ポリマーによるハイドロゲルの存在が収縮に及ぼす影響

金沢大学 学生会員 ○近宗 久志
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、コンクリートの自己収縮を低減するための内部養生材として用いられ、早期に練り混ぜ水の一部を吸収し、若材齢においてその水を放出するという特徴がある。

従来、SAPは吸水能相当の水量とともに混入するという練り混ぜ水の外割添加の考え方を採り、内部貯水を行ってきたが、これだと系全体の水量が増すことになるので、コンクリートの性能低下が懸念される。これに対して、練り混ぜ水の一部内割置換という考え方に立って混入するならば、系全体の水量は増えないことになり、コンクリートの性能への悪影響も抑制できると期待される。しかし、その一方にて自由水でない内部貯水が、性能発現に及ぼす影響は明らかではない。

現在、SAPを使用した収縮低減に関しては、主に、高強度コンクリートに用いられるような低水セメント比を対象とすることが多い¹⁾。しかし、近年、SAPの幅広い使用が検討されており、レオロジー調整剤のように、高水セメント比における使用も検討する必要がある。本研究では、高水セメント比において懸念される乾燥収縮特性を取り上げ、収縮低減効果を若材齢における強度発現と関連付けて論ず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/cm^3 、比表面積 $3310\text{cm}^2/\text{g}$)を使用し、細骨材には石川県手取川産の川砂(密度: 2.61g/cm^3 、吸水率: 1.50%)を用いた。水セメント比は0.55、セメント砂比(C:S) 1:2のモルタル供試体を作製した。SAPは水溶液重合法により製造された不規則形状の粒子からなり(D_{50} :60 μm 、最大粒径 150 μm)、

乾燥状態における吸水能は 28.0g/g である。

SAPはモルタル全体の水セメント比は変化させずに、練り混ぜ水の5% (SAP-5%W)あるいは10% (SAP-10%W)をSAPが保持するようにしたものと、セメントペーストマトリックスの水セメント比を0.55に保持したまま、吸水したSAPゲルが、セメントペーストの体積の3%(SAP-3%C)となるように、SAPを混入した供試体を作製した(表-1)。以上の配合をまとめると、SAP-5%WとSAP-3%CはSAPの混入量がほぼ同じとなっており、同程度のハイドロゲルがセメントペーストマトリックス内に存在する配合となる。しかし、モルタル全体の水セメント比は異なっており、硬化後の内部組織も相違していると考えられる。

2.2 凝結試験

水セメント比が0.55のセメントペーストに対し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た。なお、供試体にはブリーディングが確認されており、終結の計測は裏面にて行っている。

2.3 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。打ち込み後、20°Cの恒温室にて水平に静置し、長さ変化測定装置を用いて、供試体の長さ変化を材齢7日まで測定した。

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。打ち込み後、材齢7日にて脱型を行い、気中養生(20°C、60%R.H.)を行った。気中養生を行った供試体の長さ変化については、ダイヤルゲージを用いて測定し、材齢28日までにおける乾燥収縮を測定した。

表 - 1 モルタルの配合及びフレッシュ性状

配合名	W/C	W/C _e	C : W : S : W _{SAP}	フロー値(mm)	始発(時:分)	終結(時:分)
SAP無混入	0.55	0.55	1 : 0.55 : 2 : 0	214	5:30	6:49
SAP-5%W	0.55	0.52	1 : 0.52 : 2 : 0.03	200	5:27	6:50
SAP-10%W	0.55	0.49	1 : 0.49 : 2 : 0.06	181	5:34	6:50
SAP-3%C	0.58	0.55	1 : 0.55 : 2 : 0.03	220	5:34	7:23

W/C_e:SAPが保持する水量(W_{SAP})を除いたセメントペーストマトリックス内の水セメント比

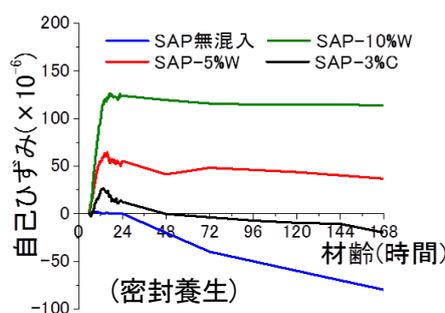


図-1 若材齢における長さ変化

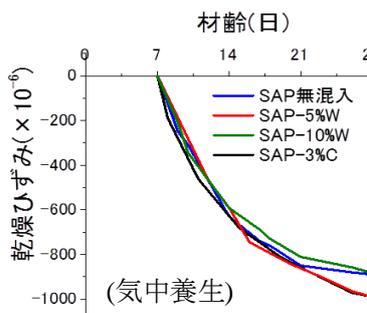


図-2 乾燥収縮の変化

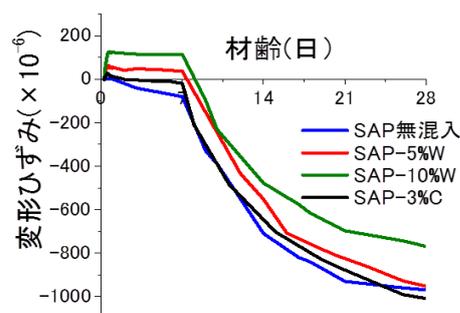


図-3 全収縮の変化

2.4 圧縮強度試験

モルタルを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1, 7, 28日にてJIS R 5201に従って圧縮強度試験を行った。

3. 結果および考察

図-1は始発を始点としたときの密閉養生時の長さ変化を比較したものである。SAPを無混入の供試体は、わずかな収縮を示した。一方、SAP混入供試体は、初期に膨張を示している。しかし、SAP-3%Cは材齢12時間を過ぎると収縮し始め、膨張状態を維持することはできない。一方、SAPを混入して、練り混ぜ水の一部を貯水させ、マトリックスのW/Cが低下している供試体は膨張傾向を示し、材齢7日を過ぎても膨張状態を保持している。

図-2は材齢7日から乾燥を受けたときの収縮を比較したものである。いずれの供試体も、乾燥開始直後から材齢14日までは強い収縮傾向を示し、それ以降は緩やかに収縮している。また、SAPを混入した供試体と混入していない供試体を比較すると、収縮傾向にほとんど相違はない。このことから、SAPを混入することによって乾燥収縮が影響を受けることはないと考えられる。

図-3は自己収縮と乾燥収縮を合わせ、全収縮として示したものである。従来の方法で内部貯水を行ったSAP-3%Cの供試体は膨張状態を維持できなかったため、全収縮はSAP無混入の供試体とほとんど相違はない。SAP-10%Wは全収縮を大きく低減しており、乾燥収縮の差はあまりないと考えられるので、初期に膨張を生じさせたことによる影響が大きいと考えられる。以上のことから、練り混ぜ水の一部をハイドロゲルとして貯水させた供試体は初期に膨張を生じさせることで、乾燥後の収縮がある程度補償され、全体の収縮を

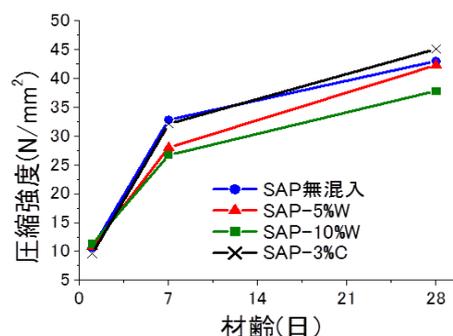


図-4 圧縮強度の比較

低減できたことになる。

図-4は圧縮強度の変化を示したものである。材齢1日ではSAPの混入の有無に関わらず、圧縮強度はほぼ等しい。また、材齢28日においては、SAP-5%WとSAP-3%Cの圧縮強度はSAP無混入の供試体とほぼ同程度である。一方、SAP-10%Wは明らかに圧縮強度が低下している。SAPを混入した供試体は、SAPの吸水膨張により、若材齢期に大きな空隙が形成され、それが反応生成物によって充填されることなく残存するために強度が低下することが考えられる。しかし、今回使用したSAPは、粒径が非常に小さいため、混入量が少ないSAP-5%WやSAP-3%Cには強度の影響が現れなかったと考えられる。またSAP-10%Wの強度が大きく低下していることを考えると、SAPの混入量を増やすことは収縮の低減をもたらすが、強度への影響の観点から混入量は自ずと制限されることになる。

4. 結論

SAPを用いて全体の水量を変化させずにマトリックスの水セメント比を低減させると初期に膨張を生じる。しかし、混入量が増加すると強度低下が現れ、目的に応じた最適な混入量を決定する必要がある。

参考文献

- 1) Justs, J. et al : Cement and Concrete Research, Vol.76, pp.82-90, 2015