

○(株)エヌエムビー 中央研究所 正会員 菅俣 匠

住友大阪セメント(株)セメント・コンクリート研究所 正会員 枝松良展

高知工科大学 工学部 社会システム工学科 正会員 大内雅博

1. はじめに

昨今、コンクリート構造物の高耐久化の要望が高まっており、従来のAE減水剤よりも減水率が高く、コンクリートの流動性を長時間保持することが可能な高性能AE減水剤(以下、SPと称す)の適用は、材料面からの有効な一手法であると考えられる。SPによる高減水・高流動化は、粉体粒子表面に吸着して粒子を反発させる作用(以下、粒子反発作用と称す)で可能になるが、これに付随して、粒子を分散させる作用(以下、粒子分散作用と称す)も生じていることは一般的に知られている。しかし、この2つの作用を区分して論じた例はほとんどない。本研究では、水結合材比(以下W/Bと称す)一定でSP添加量を変化させた場合の変形性と粘性の係数から得られる2つの係数で、粒子の反発作用および分散作用が表せることを見出し、SPによって両作用が異なることを明確に示した。なお、本文で用いるSPの粒子分散作用とは、どれだけ単分散に近づけられるかで、粒子反発作用とは、粒子の分散度合いに無関係でどれだけ粒子同士、あるいは凝集している粒子の塊同士を反発させるかと言うことである。

2. SPの粒子分散・反発作用の評価方法

同一W/BでSP添加量を変化させた場合、図-1に示すフロー値から得られる相対フロー面積比(以下、 Γm と称す)と漏斗の流下時間から得られる相対漏斗速度比(以下、 Rm と称す)の関係は、図-2のような式(1)の曲線関係に、反対に、同一SP添加量でW/Bを変化させた場合、両者には図-3のような式(2)の直線関係が得られる¹⁾。式(1)の係数Aは、W/Bの大きさに比例する。変形性の指標である Γm は、無拘束状態で変形した時のセメントの粒子間距離を表していると考えられる。粘性の指標である Rm は、図-1中の漏斗の流出管部分から流れている時のセメント粒子の接触頻度を表していると考えられる。W/Bを大きくすると粒子間距離の拡大および接触頻度の減少を促すことから、図-3のように Γm と Rm のいずれも増加する。一方、SPは主に粉体粒子表面への吸着で粉体粒子を反発させることから、 Γm の増加には寄与するが接触頻度を直接減らすことはできないので、図-2(b)の部分のようにW/Bを大きくした場合に比べて、 Rm の変化は小さいのである。ただし、SP無添加から徐々にSPを添加していったはじめの部分(図-2(a)の部分)は、 Γm と同様に Rm も増加する。これは、SPの反発力の間接的な影響で凝集している粉体粒子を分散させた結果、中に取り込まれている水が分散した粉体粒子間に解放され、粒子の接触頻度を減少させるためであることが主要因と考えられ、これをSPの粒子分散作用と見なせる。

この考えは、太田によるSEMを用いた凍結したセメントペーストの観察結果からも当てはまる²⁾。図-4(a)は水セメント比35%におけるSP無添加のセメントペーストの観察状態である。セメント粒子同士が凝集して、大きな塊を形成している。また、凍結した水を表している黒い部分が大きくて、かつ偏在している。一方、ポリカルボン酸系のSPを添加した場合(図-4(b))では、セメント粒子に加えて水も細かく分散しており、粒子間に有効に水が存在している。以上のこと

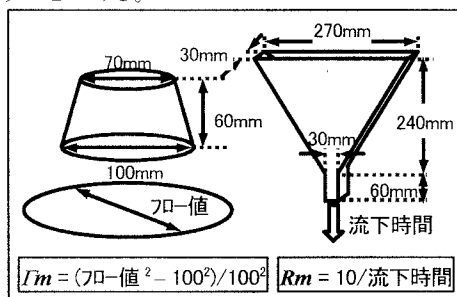


図-1 モルタルのフロー試験および漏斗試験

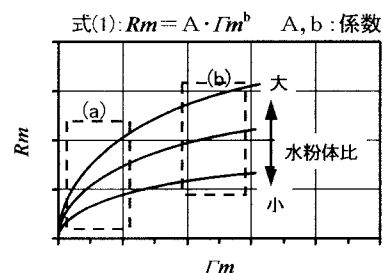
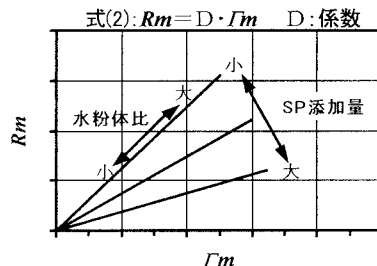


図-2 SPの低添加量と高添加量領域の比較

図-3 W/B変化時の Γm と Rm の関係

キーワード：高性能AE減水剤、フロー値、漏斗流下時間、粒子分散作用、粒子反発作用

連絡先：〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園2722 Tel. 0467-87-8080 Fax. 0467-82-6299

から、W/Bを増加させると Γm と Rm は直線関係に、SP添加量を変化させるとある添加量以降では Rm の増加が頭打ちになるため、曲線関係になるものと考えられる。

式(1)の係数 A および b の物理的な意味を考えると、b が同じ場合、A が大きい SP ほど低添加量から粉体粒子の分散が可能になる。また、A が同じ場合、b の大きい SP ほど添加量が少ないと粉体粒子を分散させる効果は小さいが、添加量の増加に伴って徐々に分散できることになる。本研究では、以上の考えをもとに、分子構造の異なる 3 種類のポリカルボン酸系 SP1~SP3 を用いて得られる係数 A, b から、粒子の分散と反発にそれぞれどのように作用しているか比較を行った。なお、各 SP の特徴は、SP2 が吸着部位の比率が最も高く飽和吸着量が最も多く、より少ない添加量で同じフローが得られるのに対して、SP3 は吸着部位の比率が最も少なく吸着しにくく、飽和吸着量が最も少ない。ただし、残存したポリマーが時間の経過で徐々に吸着するため、フローの経時保持性に優れるものである。

3. SP の粒子分散・反発作用の比較

図-5 は低熱ポルトランドセメントにシリカフェムを 10% 置換した W/B=20%~28% のモルタルで、SP1~SP3 の添加量を変化させた場合の Γm と Rm の関係を表したものである。いずれも式(1)の曲線関係が得られているが、表-1 に示すように、SP3 に比較してSP1, SP2 は係数Aは小さいが、b は大きくなる傾向にあった。SP1 とSP2 の比較では、Aは同程度だが、より低W/BではSP2 の方がb は大きい傾向にあった。すなわち、b が大きいSP2 は、添加量を増加するほど徐々に粒子塊を分散させて粒子間にある水を引き出す。言い換えると、添加量の増加で徐々に粘性を低減する効果に優れている。一方、Aが大きいSP3 は、他のSPより低添加量における粒子の分散が優れる傾向にあるが、ある添加量以上

では、粒子塊同士を反発させる作用のみになる。W/B=25%では、添加量を増やしても粘性ばかりかフロー値も頭打ちになる現象が認められた。この要因としては、ポリカルボン酸の分子構造の違いによる飽和吸着量の差が挙げられる。SPが有効に粒子塊を分散させるには、練混ぜ時にいかに粒子に吸着できるかが重要になる。最も飽和吸着量の多いSP2 は、添加量の増加に伴い吸着量も増えるのでb が大きくなるが、飽和吸着量の少ないSP3 は、ある添加量以上になると吸着量が増加しにくくなるため、b が小さくなることが主要因であると考えられる。

4. まとめ

W/B一定でSP添加量を変化させた場合の Γm と Rm の関係式から得られる 2 つの係数で、粒子反発および分散の作用が表せることを見出し、SPによる作用の違いを明確に示した。SP間の作用の相違はポリカルボン酸の分子構造の違いから説明が可能であり、本手法を用いることで、SPの有する粒子反発と分散の両作用の区分が可能であると考えられた。なお、本研究では、モルタルの粘性に及ぼす影響を粒子同士の摩擦のみに限定して論じたが、今後はSPの有する表面張力による摩擦低減の影響についても検討し、本手法の妥当性を確認する予定である。

参考文献

- 1) 大内雅博ほか：自己充填コンクリート用高性能減水剤の効果の定量評価法，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.355-360，1998
- 2) 太田 晃ほか：ポリカルボン酸系分散剤の分散効果に関する検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，pp.79-84，1999

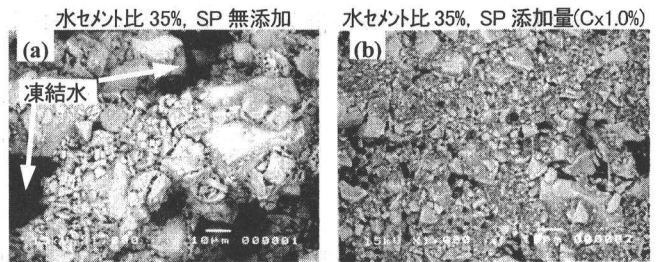


図-4 凍結セメントペーストのSEM観察状況

W/B (%)	SP	式(1)	R ²
28.0	SP2	$Rm = 1.31 \Gamma m^{0.48}$	0.97
	SP3	$Rm = 1.67 \Gamma m^{0.33}$	0.92
	SP1	$Rm = 0.96 \Gamma m^{0.51}$	0.99
26.5	SP2	$Rm = 1.04 \Gamma m^{0.48}$	0.97
	SP3	$Rm = 1.16 \Gamma m^{0.37}$	0.99
	SP1	$Rm = 0.50 \Gamma m^{0.62}$	0.99
25.0	SP2	$Rm = 0.54 \Gamma m^{0.61}$	0.98
	SP3	$Rm = 0.72 \Gamma m^{0.34}$	0.98
22.0	SP1	$Rm = 0.26 \Gamma m^{0.63}$	1.00
	SP2	$Rm = 0.27 \Gamma m^{0.70}$	1.00
20.0	SP2	$Rm = 0.17 \Gamma m^{0.70}$	0.99

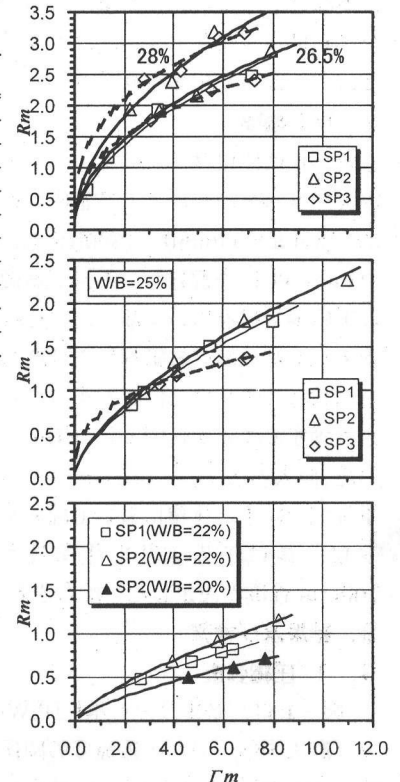


図-5 W/B 毎の Γm と Rm の関係