

摂南大学大学院 学生員 立山 典宏
摂南大学工学部 正会員 熊野 知司
摂南大学工学部 正会員 矢村 潔
清水建設（株） 正会員 名倉 健二

1.はじめに

高強度コンクリートや高流動コンクリート等の新しいコンクリートが開発される中で、施工中に時間の経過と共にフレッシュコンクリートの流動性が低下し、ポンプの閉塞や型枠内での充てん不良が発生する等のトラブル事例が報告されている。これらのトラブルを回避し、合理的な施工を行うためには、フレッシュコンクリートの経時変化を予め予測し、配合条件や施工方法に反映させる技術が必要となる。そこで、本研究では、フレッシュコンクリートの流動性の経時変化を予測する上での第一歩として高流動ペーストをモデル材料として流動性の経時変化を観察するとともに、そのメカニズムについて若干の考察を行った。

2.分散のメカニズム

図-1に、ナフタレン系高性能減水剤等の場合の静電反発作用による場合の粒子間相互作用の概念図を示す。この場合、粒子間に作用する反発ポテンシャルエネルギー V は、DLVO 理論により説明され、電気二重層による反発力 V_a と London-Fandelwaals 引力 V_r との和で示される。服部・和泉ら¹⁾は、この V_{max} をエネルギー障壁として捉え、物理的な凝集という現象のみに着目しスランプの半減時間 $t_{1/2}$ の予測を以下の式で行っている。

$$t_{1/2} = \frac{1}{2 D \kappa a n_0} \exp \left(\frac{V_{max}}{kT} \right)$$

D : 実験定数、 κ : デバイヒューケル定数、 n_0 : 時刻0における1次粒子数、 T : 絶対温度
 k : ボルツマン定数、 a : 粒子半径

図-2に、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤等の立体障壁作用による場合の粒子間相互作用の概念図を示す。この場合の反発ポテンシャルエネルギー V は、電気二重層の場合と異なり、粒子間中心距離 H と反発ポテンシャルエネルギー V との間に明確なピークが現れず、反発ポテンシャルエネルギー V は粒子表面近傍で無限大になると考えられている。すなわち、エネルギー障壁が存在しないため、この場合理論的には、時間の経過に伴い凝集を起こすという現象は考え難いことになる。

3.実験概要

表-1, 2に、使用材料およびペーストの配合を示す。粉体は、普通ポルトランドセメントと化学的に不活性な石灰石微粉末の2種類、混和剤は、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤（以下SP-Aと記す）とナフタレン系高性能減水剤（以下SP-Bと記す）の2種類を用いた。

実験方法は、高流動ペーストの練混ぜは、モル

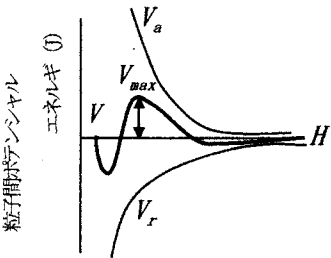


図-1 静電反発効果による
ポテンシャルエネルギー曲線

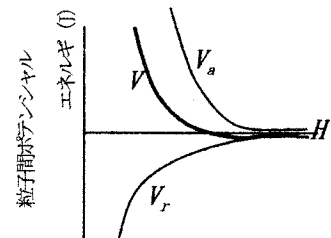


図-2 立体障害反発効果による
ポテンシャルエネルギー曲線

表-1 使用材料

種類	密度 (g/cm ³)	ブレン (cm ² /g)
普通ポルトランドセメント	3.16	3420
石灰石微粉末	2.93	3420
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤 (SP-A) ナフタレン系高性能減水剤 (SP-B)	

表-2 ペーストの配合

配合 種類	W/C	W	C	種類	SP添加率 C × %
	%	Kg/m ³			
セメント	30	484	1615	SP-B	1.8, 1.9, 2.0
	30	484	1615	SP-A	0.7, 0.8, 0.9
石灰石 微粉末	36	510	1421	SP-B	0.6, 0.8
	32	484	1497	SP-A	0.2, 0.3

Norihiro TATEYAMA, Tomoji KUMANO, Kiyosi YAMURA and Kenji NAKURA

タルミキサを用いて行い、練混ぜ終了時を時刻 0 とし、5 分、30 分、60 分、90 分、120 分、および 180 分後でペーストフローの測定を行った。

4. 実験結果と考察

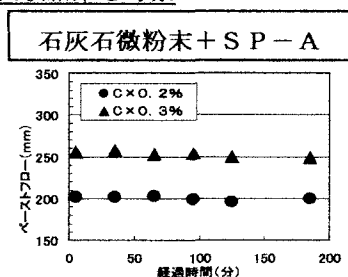


図-3 フローの経時変化

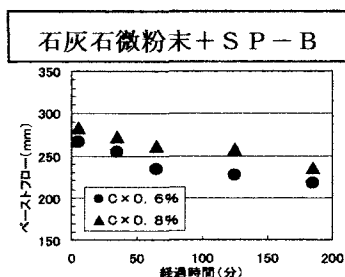


図-4 フローの経時変化

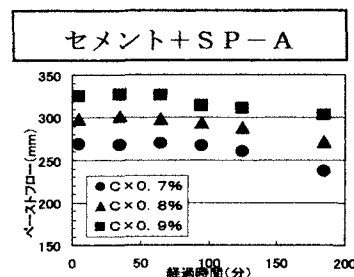


図-5 フローの経時変化

図-3 および図-4 に、SP-A と SP-B を用いた石灰石微粉末ペーストのフローの実験結果を示す。図より、SP-B を用いた場合、時間が経過するにつれてフローが小さくなるのに対して、SP-A を用いた場合はほとんど変化しないことがわかる。

図-5 および図-6 に、SP-A と SP-B を用いたセメントペーストのフローの実験結果を示す。図より SP-B, SP-A を用いたセメントペーストの場合、両方とも時間が経過するにつれフローが小さくなることがわかる。

図-7 に、練上り 5 分後のフローが 260mm 程度のペーストフローの経時変化の実験結果を示す。図に示すように、SP-B を用いた石灰石微粉末ペーストの場合は、時間の経過とともにフローが低下する。このことは、ポテンシャルエネルギーにピークが存在するため、ある確率でエネルギー障壁を越えて凝集を起こすという図-1 に示した理論と現象が一致していると考えられる。一方、SP-A を用いた石灰石微粉末ペーストの場合には、全くといって良いほど変化が見られなかった。このことは、立体障害作用によりポテンシャルエネルギーにエネルギー障壁となる明確なピークが存在しないため、ピークを越えて凝集を起こすような現象が考えにくいとする図-2 の理論が正しいことを示していると考えられる。

セメントペーストの場合は、SP-B を用いたセメントペーストでは、時間とともに変化を起こし石灰石微粉末と同様に図-1 の理論と一致していると考えられる。しかし、SP-A を用いたセメントペーストの場合は、時間の経過とともにペーストフローが減少し、流動性が低下していることを示した。セメントを用いた場合には、硫酸イオンの影響や水和反応の影響により時間の経過とともに、粒子間ポテンシャルエネルギーに変化が生じるとの報告もある。^{2) 3)} すなわち、SP-A を用いた場合の流動性の変化を予測する上では、化学的作用によるポテンシャルエネルギーの変化を考慮に入れる必要がある。

5. 結論

- 1) 石灰石微粉末に SP-B を用いたペーストフローの場合、時間の経過とともに変化するが、SP-A を用いた場合は、ほとんど変化はなく、それぞれの粒子間ポテンシャルの理論は正しいといえる。
- 2) SP-A を用いたセメントペーストの場合は、SP-B を用いた石灰石微粉末ペースト同様に変化し、何らかの化学的な要因を考慮する必要があると推察される。

<参考文献>1) 服部健一, 材料, 29, 240 (1980)., 2) 加藤弘義, 吉岡一弘, セメントコンクリート論文集 52, 144(1998).

3) 山田一夫, 本間健一, 羽原俊祐, コンクリート工学年次論文報告書, 20-2, 73 (1998).

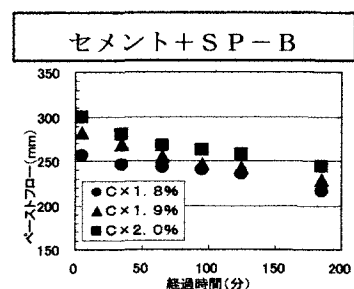


図-6 フローの経時変化

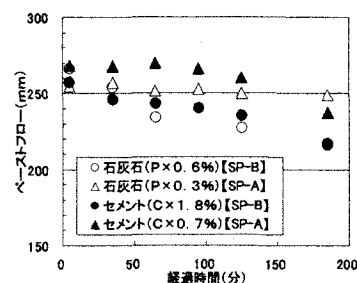


図-7 フローの経時変化