

V-41

化学混和剤を添加したセメントペーストの粘度式について

名城大学 正会員 ○菊川浩治 横山和幸

1. まえがき

化学混和剤を添加しないセメントペーストの粘度式については、サスペンションの概念を基にしたかなりの研究成果がある^{1)~3)}。しかし近年コンクリート工事においてはA E剤、減水剤等の化学混和剤を用いるのが一般的である。

本研究は、化学混和剤を用いたコンクリートの粘度式の提案を目的とし、その基礎研究として減水剤および高性能減水剤を用いたセメントペーストの粘性挙動から、その粘度式を導きここに提示するものである。

なお本研究の実施に際し東京都立大学名誉教授、村田二郎博士の懇切なご助言を賜った。ここに記して謝意を表します。

2. 使用材料および配合

セメントは普通、早強、超早強および中庸熟ポルトランドセメントを用いた。その物性値を表-1に示す。化学混和剤はN社製の減水剤および高性能減水剤で、それらの主成分はポリオール複合体および高縮合トリアジン系化合物で無塩化タイプ非空気連行型である。いずれも他の混和剤との整合性をはかるため、使用量はすべて固形分換算量で表わした。セメントペーストの配合は、水セメント比 40~80%の範囲とし、減水剤および高性能減水剤の使用量はセメントに対する質量パーセントで固形物率0.01~0.12パーセントである。

3. 実験方法

セメントペーストの練り混ぜにはホバート型モルタルミキサーを用い、全試料投入後3分間練り混ぜた後、試験に供した。試験はJロート流下時間、フロー値を求めると同時にレオロジー定数を求めた。レオロジー定数の測定には内円筒回転型二重円筒回転粘度計を用いた。

4. 粘度式

セメントペーストは水の中にセメント粒子が懸濁しているセメントサスペンションと考え、Einsteinの粘度式を高濃度サスペンションに適用した Roscoe の粘度式⁴⁾〔式(1)〕を基本とした。

$$\eta_{re} = \left(1 - \frac{1}{C} \cdot V\right)^{-K} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 η_{re} : 相対粘度、C: 溶質の実積率に関する係数、K: 溶質の団粒の形状係数、V: 溶質の体積濃度。

Roscoeの式は懸濁液の中に溶質粒子が集合体として挙動するとした発想のもとに導かれたものである。ここで粒子は球形としている。

表 1 各種ポルトランドセメントの物性値

区 分	普通	早強	超早強	中庸熟
比 重	3.15	3.14	3.11	3.20
比表面積 (cm ² /g)	3240	4450	6290	3000

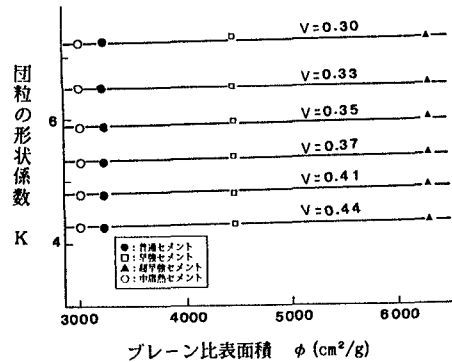


図-1 セメントペーストにおける団粒の形状係数とブレン比表面積

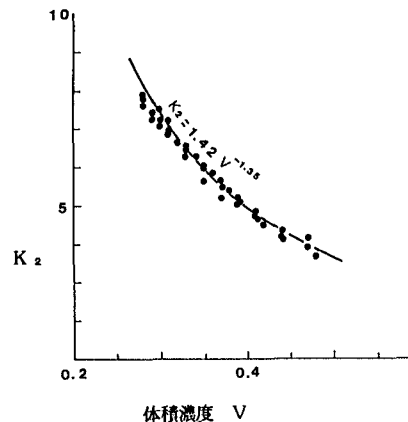


図-2 実験定数K2と体積濃度Vとの関係

セメントペーストの粘度式は基本的にRoscoe式と同形であるとし³⁾、団粒の形状係数Kに注目して実験結果を整理した結果、図-1のようになった。この図に示すように、Kはセメントの粉末度（ブレン値 ϕ ）の一次関数で表わされ $K=K_1\phi+K_2$ となる。また K_2 はW/Cによって変化し、図-2に示すようにセメントペーストの体積濃度の指数関数で表わされ、 $K_2=K_3V^b$ となる。

セメントペーストの粘度低下に及ぼす減水剤の添加の影響は、セメントペーストの低減効果と等価であるとして定式化を試みた。この場合、団粒の形状係数および実積率は減水剤を用いない場合と変化しないものと仮定した。実験の結果、減水剤の使用量に関する係数Aと減水剤の添加率P（セメント質量に対する固形分換算率）との関係は、図-3のようになり $A=\gamma P^n$ で表わされる。したがって、減水剤を用いたセメントペーストの粘度式として次式を提示できる。

$$\eta_{re} = \left[1 - \frac{1}{C} \cdot V (1 - \gamma P^n) \right]^{- (K_1 \phi + K_3 V^b)} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、P：減水剤の添加率（セメント質量に対する固形分換算率%）、 γ n：実験定数で、 $\gamma=0.152$ 、 $n=0.680$ 、 K_1 、 K_3 、b：実験定数で、 $K_1=3.107 \times 10^{-5}$ 、 $K_3=1.422$ 、 $b=-1.354$ である。

5、塑性粘度の推定値

式(2)を用いて推定したセメントペーストの塑性粘度の推定値と実測値との比は、表-2に示すようにほぼ期待値の1に近づいていることが分かった。したがって、減水剤を用いたセメントペーストの塑性粘度は、式(2)を用いてほぼ満足に推定できると思われる。

6、降伏値と塑性粘度との関係

減水剤を用いないセメントペーストにおいては塑性粘度と降伏値は一次関数になることが確かめられている³⁾。混和剤を用いると塑性粘度および降伏値に微妙な変化をもたらし、 η_{pl} と τ_e との関係は図-4に示すように指数関係になることが明らかになった。これらの関係を利用して、塑性粘度から降伏値の推定が可能となろう。

【参考文献】

- 1) E.M.Petrie : Effect of Surfactant on the Viscosity of Portland Cement-Water Dispersions -, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. Vol.15, No.4, 1976
- 2) 角田 忍、明石外世樹：セメントペーストの粘度式について、セメント技術年報、Vol.32, pp.88-91, 1978
- 3) 村田二郎、菊川浩治：ポルトランドセメントペーストの粘度式に関する研究、土木学会論文集、第354号、pp.109-118, 1985
- 4) R.Roscoe : The Viscosity of Suspension of Rigid Sphers, British J. of Applid Physics, Vol.3, pp.267-269, 1952

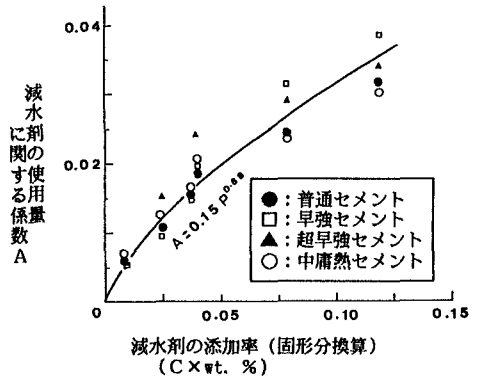


図-3 減水剤の使用量に関する係数と減水剤の添加率との関係

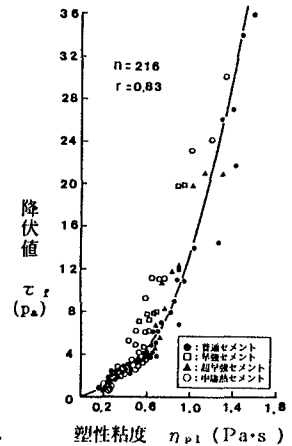


図-4 セメントペーストの降伏値と塑性粘度との関係

表 2 セメントペーストの塑性粘度の推定値と実測値との比

W/C (%)	単位セメント量 C (kg/m³)	体積濃度 V	減水剤固形分添加率 (C × wt. %)	塑性粘度 (Pa·s)		A/B
				推定値 A	実測値 B	
60	1223	0.39	0.026	0.44	0.51	0.86
			0.081	0.37	0.41	0.90
			0.121	0.34	0.40	0.85
70	983	0.31	0.028	0.35	0.35	1.00
			0.045	0.33	0.33	1.00
			0.090	0.30	0.31	0.97