

1) まえがき

フレッシュセメントペースト、モルタル及びコンクリートのレオロジー定数は回転粘度計等を用いて求めることができるが、試験方法は可成り複雑である。レオロジー定数のうち、降伏値はフロー試験あるいはスランプ試験等による試験値と密接な関係があり、これらを用いて推定することが可能といわれているが、塑性粘度を求めるための簡易試験法はまだ開発されていない。塑性粘度を推定できる方法として、他のサスペンションで行われているように、粘度式の活用が考えられる。

本研究は、セメントペースト、モルタル及びコンクリートの粘度式を提示し、これを用いてコンクリートの粘度を推定する方法を述べたものである。

なお、本研究の実施にあたり、東京都立大学の村田二郎教授のご指導を賜わり、また、電算解析について本学の杉山秋博助手の労を煩わした。ここに記して謝意を表します。

2) 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、比重3.16、細骨材は愛知県矢作川産の川砂、新日鉄社製の水砕砂、粗骨材は愛知県矢田川産の川砂利、岐阜県多治見産の砕石を用いた。実験に用いた骨材の物性を表1に示す。なお、実験中の材料分離を防ぐ目的でセルローズ系保水剤(NL1850、セメント重量の0.25%使用)を用いた。

表 1 骨材の物性値

種 類	比重	吸水率 (%)	単位容積 重量(t/m ³)	粗粒率 F. M.
川 砂	2.58	1.63	1.69	2.88
水砕砂	2.40	2.40	1.41	2.86
川砂利	2.57	1.52	1.54	5.96
砕 石	2.59	1.96	1.58	5.90

3) 実験方法

実験には二重円筒型内円筒回転粘度計を用いた。粘度計の諸元は、セメントペースト及びモルタル用として内円筒半径7cm、長さ12cm、外円筒半径9cmのもの、コンクリート用として内円筒半径15cm、長さ24cm、外円筒半径20cmのものを用いた。セメントペーストとモルタルについては容器内の試料がすべて流動していることを確かめ、内外円筒近傍の2点の流速を実測し、コンクリートについては容器内試料の実際の流動範囲を把握し、多点法¹⁾によってレオロジー定数を求めた。

4) 粘度式

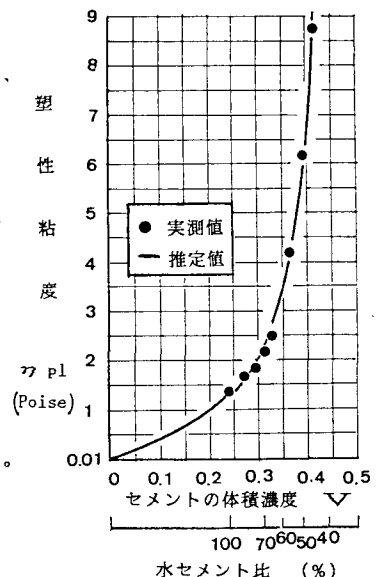
セメントペースト、モルタル及びコンクリートのレオロジー定数を実測し、これらの実測値がRoscoe²⁾の式によって求めた計算値に近似することから、次式を基礎式として採用した。

$$\eta_{re} = (1 - V/C)^{-K} \quad (1)$$

ここに、 η_{re} : 相対粘度 C : 溶質の実積率

V : 溶質の体積濃度 K : 溶質粒子集合体(団粒状態)の形状係数。

セメントペーストについて実験した結果、団粒の形状係数 K は、セメントの体積濃度及びブレン比表面積の指数関数で表わされることが明らかとなり、これらの関係から式(2)を導くことができる。

図1, セメントペーストの塑性粘度
(普通ポルトランドセメント使用)

$$\eta_{re} = (1 - V/C) \frac{-dV^{\beta} \phi^{\gamma}}{r} \quad (2)$$

ここに、 ϕ ：セメントのブレン比表面積 (cm^2/g) (J I S R5201によって求める)、 $\alpha \beta \gamma$ ：実験定数
 $\alpha = -1.0, \beta = -1.03, \gamma = 0.08$

モルタル及びコンクリートについて実験した結果、団粒の形状係数Kは骨材の粗粒率の一次関数で表されることが明らかとなった。従って次式を導くことができる。³⁾

$$\eta_{re} = (1 - V/C) \frac{-(K_1 \mu + K_2)}{\mu + K_2} \quad (3)$$

ここに、 μ ：骨材の粗粒率、 K_1, K_2 ：実験定数であって、モルタルの場合、 $K_1 = -0.51, K_2 = 3.38$ コンクリートの場合、 $K_1 = -0.76, K_2 = 6.70$

5) 塑性粘度の推定

コンクリートの溶媒をモルタル、溶質は粗骨材とし、モルタルの溶媒を

セメントペースト、溶質は細骨材とし、セメントペーストの溶媒を水 (水の粘度 1.002 cP, 20℃)、溶質はセメント粒子とする。上記式(2)、(3)を用いて、この一連の溶媒と溶質との関係から、セメントペースト、モルタル更にコンクリートの塑性粘度の推定を行うものである。

(1) セメントペースト 式(2)における溶質の実積率Cを算出するにはセメントの単位容積重量が必要となるが、ここではJ I S R5201のブレン空気透過装置のセルとプランジャーを用いて測定した。式(2)を用いて算定したセメントペーストの推定誤差は±2.0~10.5%、平均約6%である。

(2) モルタル及びコンクリート 表1における骨材の単位容積重量はJ I S A1104によって求めたものであり、式(3)の実積率Cは表1から求められる。式(3)を用いて算定したモルタル及びコンクリートの塑性粘度の推定値を表2・3に示す。表2は、図1の水セメント比60%のセメントペーストの推定値を基準とし、砂セメント比を0.2~1.6間で変化させた場合について示したものである。その結果、モルタルの塑性粘度の推定誤差は±0.1~±33%平均約13%である。コンクリートの場合、水セメント比60%、砂セメント比1.68のモルタルを溶媒とし、この塑性粘度を基準として式(3)を用いて算定した推定値と、溶質(粗骨材)を徐々に増加した場合の実測値とを比較したものである。このときのコンクリートの推定誤差は±0.1~±23%、平均約13%である。

上記のように、用いる材料の特性、配合条件が明らかとなれば、試験を実施しないで、式(2)、(3)を用いて、セメントペーストからモルタルを経て、コンクリートの塑性粘度の推定が可能となろう。

参考文献 1) 村田、菊川：土木学会論文報告集 第284号 PP 117~126 1979。

2) Roscoe, R: British J. of Applied physics, vol. 3 PP 267~269, 1952。

3) 菊川：第38回 セメント技術大会講演要旨、1984

表 3 コンクリートの塑性粘度の推定値
 $W/C = 60\%$ 粗骨材最大寸法 15mm
 基準にしたモルタルの砂セメント比 1.68

種 類	体積濃度 V	スランプ値 (cm)	塑性粘度 (poise)		
			推定値, A	実測値, B	A/B
川砂利	0.06	28.5	38.3	42.9	0.893
	0.24	24.6	92.7	107	0.866
	0.33	20.5	174	173	1.01
砕石	0.06	28.5	38.3	41.5	0.923
	0.16	25.0	59.9	67.3	0.890
	0.24	22.8	92.4	104	0.888

注) 溶媒(モルタル)の塑性粘度, 30.4 poise

表 2 モルタルの塑性粘度の推定値
 $W/C = 60\%$

種 類	S/C ¹⁾ *	体積濃度 V	コンシステンシー	塑性粘度 (poise)		
				推定値, A	実測値, B	A/B
川 砂	0.2	0.078	5.6 ²⁾ *	4.16	4.35	0.956
	0.8	0.253	7.8 ²⁾ *	9.02	7.48	1.21
	1.6	0.404	261 ³⁾ *	26.5	21.5	1.23
川 砂 水砕砂 混合 ⁴⁾ *	0.4	0.144	5.3 ²⁾ *	6.72	7.46	0.901
	0.8	0.251	6.6 ²⁾ *	14.4	14.5	0.993
	1.6	0.402	243 ³⁾ *	87.7	86.1	1.02

注1) ¹⁾ 砂・セメント比 ²⁾ Jロート試験値 (秒) ³⁾ フロー試験値

⁴⁾ 混合砂 ϕ 0.6~0.3mm、比重 2.6、F.M. 2.0

注2) 溶媒(セメントペースト)の塑性粘度, 3.2 poise