

名城大学 正員 菊川 浩治

1. ま え が き

Ⅰマルジョン系あるいはサスペンション系における粘度方程式に関する研究は、かなり古くから行われていて、特に高分子材料の領域では相当に研究が進んでいるようである。このうち、サスペンション系に属するコンクリートの粘度方程式に関しては、その形式について示唆した研究は多いが、それを具体化して定量的に論じた研究は少ない。

本研究は、回転粘度計を用いてセメントペースト、モルタルおよびコンクリートの塑性粘度を求め、これらの値を用いて、粘度方程式を定量的に論じたものである。特にセメントペースト、モルタルおよびコンクリート相互間の粘度の推定が可能となるように、それぞれの容質の体積濃度をパラメータとして解析したものである。

なお、本研究については、東京都立大学の村田二郎教授のご指導を賜り、実験その他について、本学の杉山秋博助手に多大の労を煩した。ここに記して謝意を表します。

2. 使用材料

粘度方程式を基礎的に論ずるには、骨材はモデル化したものを用いるのがのぞましい。このために、細骨材にはガラス球φ1mmのもの、および豊洲標準砂を個々に使用し、粗骨材にはガラス球φ12mm～13mmのものを使用した。本実験に用いた材料の物理的性質を表-1に示した。なお、試料の粘度測定中の材料分離を防ぐ目的で、保水効果を有する減水剤 NL1850 をセメント重量の0.25パーセント用いた。

表-1. 実験に用いた材料の物理的性質。

区 分	セメント	豊洲標準砂	ガラス球 φ1mm	ガラス球 φ12～13mm
比 重	3.15	2.64	2.47	2.48
単位容積重量	2.000	1.475	1.516	1.506

3. 粘度方程式

従来の研究結果から次の粘度方程式がセメントペースト、モルタルおよびコンクリートに適用できると思われる。

$$\eta_{re} = (1 - SC_v)^{-K} \quad \dots\dots\dots 1$$

$$\eta_{re} = (1 - SC_v)^{-(K_1 C_v + K_2)} \quad \dots\dots\dots 2$$

$$\eta_{re} = 1 + \frac{K \cdot S \cdot C_v}{(1 - SC_v)} \quad \dots\dots\dots 3$$

$$\eta_{re} = (1 - SC_v)^{-K_1 C_v - K_2} \quad \dots\dots\dots 4$$

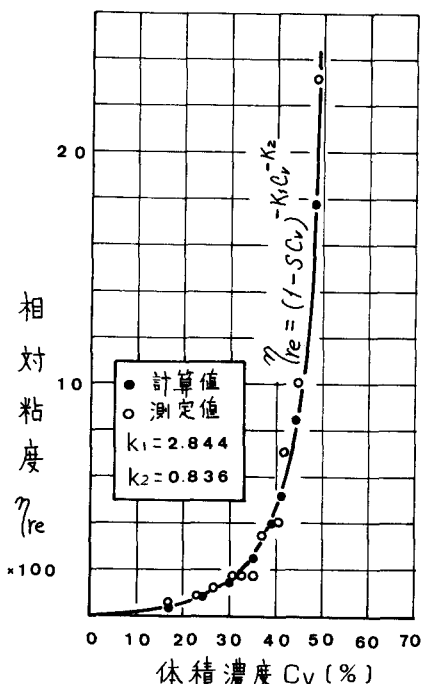
これらのうち、1式が *Brinkman*、3式が *Robinson* によって提案されたもので、実験の結果おもにモルタルに対して適用できると思われる。2式と4式は著者の提案したもので、おもにセメントペーストおよびコンクリートに対する推奨式である。

ここで、 η_{re} : 相対粘度、 $S = \frac{1}{C}$: C は巨大粒子における容質の体積濃度 (実積率)、 C_v : 容質の体積濃度、 K : 粒子形状に関

図-1. セメントペーストの相対粘度

$$W/C = 150 \sim 40 \%$$

$$T = 20^\circ C$$



する定数, K_1, K_2 : 実験定数である。

4. 塑性粘度の推定

上記の粘度方程式を用いてフレッシュコンクリート等の塑性粘度を推定できれば、施工の合理化への有力な手

掛りを与えるものと思われる。そこで今回はセメントペーストからコンクリートまでの塑性粘度を推定するための一例を示した。なお、上記4つの粘度方程式のうち、セメントペースト、モルタルおよびコンクリートに、どの式を適用するかが問題となる。ここでは、各測定値と計算値との誤差が最小になるものを求めたあと、それぞれに適用される粘度方程式を導いた。

A. セメントペーストの塑性粘度の推定。

セメントペーストの場合、4式を適用すると誤差が最も小さくなった。したがって、4式を用いてセメントペーストの相対粘度を計算して図-1に示した。この図を用いて、それぞれのセメントの体積濃度に対するその溶液の塑性粘度を推定することができる。たとえば、 $w/c=80\%$ の場合、 $C_v=0.283$, $\eta_{rel}=1.218$ (poise), $w/c=65\%$ の場合、 $C_v=0.327$, $\eta_{rel}=1.857$ (poise), $w/c=50\%$ の場合、 $C_v=0.388$, $\eta_{rel}=3.719$ (poise) となった。

B. モルタルの塑性粘度の推定。

モルタルサスペンションの場合、溶媒をセメントペーストとし、溶質を細骨材として1式を用いると誤差が最小となった。したがって、ここでは1式によってモルタルの塑性粘度を推定した。計算の結果は表-2に示した。この表に示したように、水セメント比を三種類に変えて溶媒を変化させた場合においても、モルタルの塑性粘度の推定値は測定値とよく一致した。このことは、モルタルの場合、セメントペーストを溶媒と考え、そこから細骨材の体積濃度に応じて、モルタルの塑性粘度を、かなりの精度で推定できるものと思われる。

C. コンクリートの塑性粘度の推定。

コンクリートサスペンションの場合、溶媒にはセメントペーストとモルタルの2種類が考えられる。しかし、過去において実験研究した結果、モルタルを溶媒に選べば誤差も小さく適当であった。したがって、ここではモルタルを溶媒とし、粗骨材を溶質としてコンクリートの相対粘度を求め、その結果を図-2に示した。この図に示すとおり、コンクリートの塑性粘度の測定値と推定値は、かなりよく一致し、粗骨材の体積濃度をもとに、コンクリートの塑性粘度の推定が可能であると思われる。なお、この推定値の計算には4式を用いた。また、細骨材および粗骨材ともモデル骨材としてガラス球を用いた。

表-2. モルタルの塑性粘度の推定 (豊浦標準砂を使用)

水セメント比および溶液の塑性粘度 η_{rel} (poise)	細骨材の体積濃度 C_v	モルタルの相対粘度 η_{re}		モルタルの塑性粘度 η_{pl} (poise)		
		測定値	計算値	測定値	推定値	測定値/推定値
$w/c=50\%$ 測定値 3.615 計算値 3.719	0.19	1.700	2.218	6.145	8.249	0.745
	0.32	4.204	5.102	15.20	18.97	0.801
	0.37	5.101	8.005	18.44	29.77	0.619
	0.41	14.60	12.64	52.79	46.99	1.12
	0.45	22.95	23.04	82.95	85.68	0.968
$w/c=65\%$ 測定値 2.063 計算値 1.857	0.28	1.560	3.664	3.219	6.804	0.473
	0.37	7.737	7.590	15.96	14.10	1.13
	0.41	9.898	11.84	20.42	21.99	0.929
	0.44	16.90	18.04	34.86	33.50	1.04
	0.47	32.23	31.08	66.49	57.72	1.15
$w/c=80\%$ 測定値 1.459 計算値 1.218	0.25	4.319	3.220	6.302	3.922	1.61
	0.34	6.084	6.352	8.876	7.737	1.15
	0.40	9.958	11.95	14.53	14.56	0.998
	0.43	22.31	18.07	32.55	22.01	1.48
	0.46	28.68	30.49	41.85	37.14	1.13
	0.48	47.84	47.66	69.80	58.04	1.20

(注) $\eta_{re} = \frac{\eta_{pl}}{\eta_0}$, $\therefore \eta_{pl} = \eta_0 \times \eta_{re}$

図-2. コンクリートの塑性粘度の測定値と推定値との関係 (溶媒の濃度 $C_v=0.426$ の場合)
 $w/c=50\%$, 細骨材: ガラス球 $\phi 1mm$
 $T=20^\circ C$ 粗骨材: ガラス球 $\phi 12\sim 13mm$

