

名城大学 菊川 浩治

1. まえがき

コンクリートのレオロジー的研究の一環として、その粘度方程式の確立は重要である。現在まで、各研究機関におけるレオロジー定数の測定方法や得られた測定値にかなりの変動があり、レオロジー定数の信頼性に乏しかったので、レオロジー研究がこの領域まで進展するには無理があった。しかし、回転粘度計を用いる場合には、かなり正確なレオロジー定数が得られるようになったので、ここで粘度方程式を検討することは有用と思われる。本研究は、フレッシュコンクリートにおける基本的な粘度方程式の確立を目差すため、特に回転粘度計によって得られる塑性粘度を用い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と賜り、実験その他について、本学の杉山秋博助手および本学大学院生の後藤尚理君に多大の労を煩わした。ここに記して謝意を表します。

2. 使用材料

セメントは市販の普通ポルトランドセメント、比重3.15、細骨材は天然の矢作川産、比重2.59、粗骨材はガラス球φ5mm～φ17mmまで3種類、比重2.43～2.49、単位容積重量1500～1546 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ を用いた。なお、実験中、試料の材料分離を防ぐ目的で、保水性混和剤としてNL1850をセメント量の0.25%用いた。

3. 粘度方程式の検討

分散系の粘度方程式としては、Einstein, Brinkman, RobinsonおよびRoscoeらによって多数発表されている。ここでは過去の研究結果から、フレッシュコンクリートのような高濃度サスペンションに適用できると思われる粘度方程式として、BrinkmanおよびRobinsonあるいは筆者の提案した粘度方程式を選んだ。(表-1参照)、これらの粘度方程式は、いずれも巨大粒子の概念を導入したものである。

ここで、 C_v : 溶質の体積濃度、 C : 巨大粒子における溶質の体積濃度(実積率)、 K : 粒子形状に因する定数、 K_1, K_2 : 実験定数である。

そこで、回転粘度計を用いて多点法によって得られた塑性粘度から、それぞれの体積濃度に対応する相対粘度を求め、実験式(粘度方程式)から求めた相対粘度に対する標準偏差を求めて表-1に示した。なお、コンクリートの粘度方程式を考える場合、サスペン

表-1, フレッシュコンクリートの各種粘度方程式の適合性。

溶媒	骨材寸法(mm)	粘度方程式	標準偏差
セメントペースト	(細骨材のFMZ15) φ16~17	Brinkman's equation $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-k}$	4.92
		著者の提案したもの $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-(K_1 C_v + K_2)}$	5.83
		Robinson's equation $\eta_{re} = 1 + \frac{K(\frac{C_v}{C})}{1 - (\frac{C_v}{C})}$	6.12
モルタル	φ16~17	Brinkman's equation $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-k}$	0.73
		Robinson's equation $\eta_{re} = 1 + \frac{K(\frac{C_v}{C})}{1 - (\frac{C_v}{C})}$	0.84
	φ5~6	Brinkman's equation $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-k}$	1.10
		Robinson's equation $\eta_{re} = 1 + \frac{K(\frac{C_v}{C})}{1 - (\frac{C_v}{C})}$	1.10
	φ12~13	Brinkman's equation $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-k}$	0.65
		Robinson's equation $\eta_{re} = 1 + \frac{K(\frac{C_v}{C})}{1 - (\frac{C_v}{C})}$	0.64

ジョーンを形成する溶液、溶液に何を送ぶかが問題となる。そこで具体的には、セメントペーストと溶液、細骨材および粗骨材と溶液と考える場合と、モルタルと溶液、粗骨材と溶液と考える場合がある。セメントペーストおよびモルタルは高濃度サスペンションの粘度方程式を用いる必要があるため、従来から使用されている Robinson および Brinkman 式を採用した。実験の結果は、セメントペーストを溶液とした場合、その標準偏差は 4.92 ~ 6.12, モルタルを溶液とした場合、0.64 ~ 1.10 であった。したがって、モルタルを溶液とすることが適当と考えられる。

表-1の粘度方程式と決定するために用いられた配合は、セメントペーストの場合、水セメント比 40, 50, 60, 砂セメント比 0.5, 1.0, 2.0 をそれぞれ適当に組合せた合計 10 種類、体積濃度は 0 ~ 60 パーセントである。

溶液をモルタルとした場合にその粘度方程式に何を送ぶかを考える必要があり、また、その送んだ粘度方程式によって計算された相対粘度とそれぞれ別の体積濃度に応じた相対粘度とがよく一致しなければならぬ。そこで、フレッシュコンクリートのようない高濃度サスペンションに適用できると思われる Brinkman および Robinson 式を用いて相対粘度を求めてその結果を図-1に示した。この図に示すように、コンクリートの配合が一定で粗骨材の粒径が単一の場合、Brinkman および Robinson 式はいずれもよく一致している。したがって両方とも実験式として用いることができたものと思われる。

図-2は、粗骨材として $\phi 5 \sim 6 \text{ mm}$, $\phi 12 \sim 13 \text{ mm}$, $\phi 16 \sim 17 \text{ mm}$ の3種類を用いて、水セメント比 40, 50, 60%, 砂セメント比 0.5, 1.0, 1.5 をそれぞれ適当に組合せた 6 種類の配合について実験した結果を示した。実験式における骨材の形状係数 K は最小二乗法によって決定されるが、これらと粗骨材の粒径別に Brinkman 式で表わせば、 $\phi 5 \sim 6 \text{ mm}$ の場合 $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-1.920}$, $\phi 12 \sim 13 \text{ mm}$ の場合 $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-1.450}$, $\phi 16 \sim 17 \text{ mm}$ の場合 $\eta_{re} = (1 - \frac{C_v}{C})^{-1.970}$ で K は 1.450 ~ 1.970 の範囲になった。一方、Robinson 式で表わせば、 $\phi 5 \sim 6 \text{ mm}$, $\phi 12 \sim 13 \text{ mm}$ および $\phi 16 \sim 17 \text{ mm}$ に対して、それぞれ $\eta_{re} = 1 + \frac{K(C_v/C)}{1 - (C_v/C)}$ にあいて、 K は 2.770, 1.750, 2.810 となった。

図-1. 骨材粒径が等しい場合の相対粘度

溶液 → モルタル, ガラス球 $\phi 16 \sim 17 \text{ mm}$, 天然砂使用 (FMZ75)

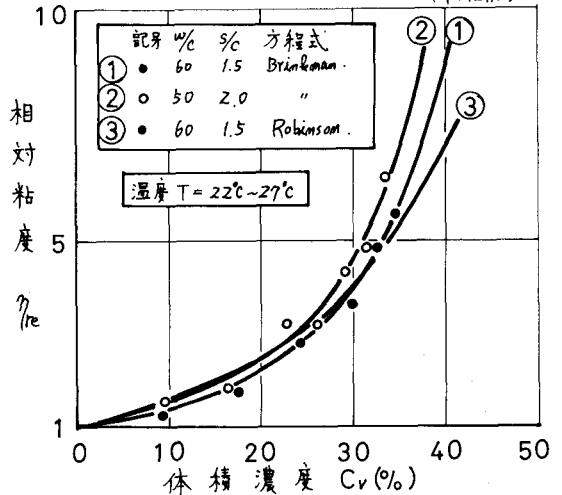


図-2. 骨材の粒径が異なる場合の相対粘度

w/c = 40 ~ 60% s/c = 0.5 ~ 2.0

細骨材 = 天然砂 粗骨材 = ガラス球 (FMZ75)

