

1 まえがき

練りたてのセメントペースト、モルタルおよびコンクリートのレオロジーについては、以前から多くの研究者によって研究が進められているが、まだ不明の点が多く、今後も継続的な研究が必要である。本研究は其中でセメントペーストに焦点をあて、その固有の粘性を調べ、さらに、可成りの精度で粘度の推定ができるような粘度方程式の確立を目指したものである。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に懇切なご指導を賜った。ここに記して謝意を表します。

2 使用材料

本実験に用いたポルトランドセメントはすべて日本社製のもので、普通、早強、超早強および中庸熱セメントである。なお、実験中の材料分離を防ぐ目的で、保水性が優れているといわれている減水剤NL 1850を、セメント量の0.25パーセント用いた。

3 セメントペーストの構造粘性

セメントペーストのレオロジー特性を調べるために、図-1のようなコンシステンシー曲線を描いてみると、ずり速度の増加につれてせん断応力の増加率は減少し、また、くり返した場合も漸次減少していく。いわゆる構造粘性を示した。したがって、レオロジー定数を正しく求めるためには、処世曲線による値を採用する必要があると思われる。また、図-2は、各種セメントおよび数種の配合を用いて実験した中のひとつの例であるが、ずり速度を一定に保った場合のセメントペーストのチキソトロピー的性質を調べたものである。この例によると、トルクが時間の経過とともに減少する減少率は約50%に達するものがあつた。セメントペーストはチキソトロピー的性質をもっているので、時間の経過につれてその構造が破壊されるものと思われる。したがって、レオロジー定数を正しく把握するには、トルクは測定開始直後に求めた値を採用する必要があると思われる。

4 粘度方程式

セメントペーストの粘度方程式には種々のものが提案されているが、従来より、巨大粒子の概念を導入したBrinkman式が実験値とよく一致していたので、基礎式としてBrinkman式を採用した。

$$\eta_{re} = \left(1 - \frac{1}{C} C_v\right)^{-K} \quad \text{----- ①}$$

ここで、 η_{re} : 相対粘度

C : 溶質の実積率

(セメントペーストの場合、溶質はセメント)

C_v : セメントの体積濃度

K : セメント粒子の形状係数

図-1 コンシステンシー曲線のヒステリシス
セメントペースト(普通ポルトランド), 0~40~0rpm
w/c=39%, 70~251, T=20°C

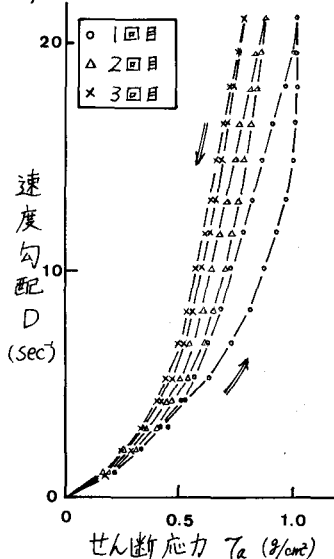


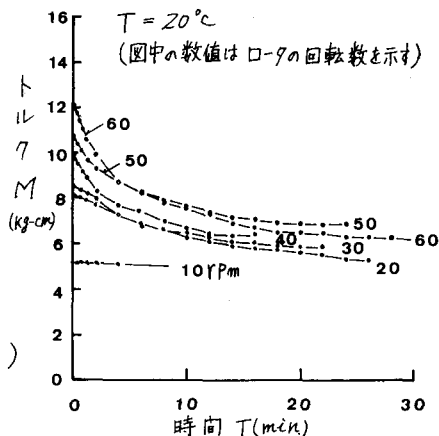
図-2 トルクの経時変化

セメントペースト(普通ポルトランド)

w/c=39%, 70~252~257

T=20°C

(図中の数値はローグの回転数を示す)



従来の粘度方程式では、セメントの粉末度の影響などを考慮したものは少なく、このため、セメントペーストの実際の粘度を推定する場合には不十分であった。①式におけるKについては、セメント粒子の形状を表わす係数であるが、セメント粒子の個々の形状のみが粘度に影響するのではなく、その粒子の細かさの程度いわゆる粉末度も考慮する必要がある。また、セメント粒子はセメントペーストが流動する場合の流束の中にあつては、その体積濃度によって、流動体としての挙動は異なるものと想像される。

ここでKの内容について検討する必要があると思われる。

そこで、①式における相対粘度は、セメント粒子の細かさおよび体積濃度によって影響をうけるものと考え、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て、それぞれのペーストについて実験してみ

た。そこで、セメントの平均粒子径と粒子の形状係数Kとの関係を求めてみると図-3のようになり、Kはセメントの平均粒子径の関数で表わされることがわかった。ここで、セメントの平均粒子径は、各セメントのブレン比表面積と比重から求められる比表面積を用いた。 $(\phi = \frac{6}{S_u \cdot \rho})$ 、ここで、 S_u は比表面積、 ρ は比重である)

また、同様に、セメントの体積濃度とKとの関係を求めてみると、図-4のようになり、Kはセメントの体積濃度の関数で表わされることがわかった。したがって、Kがセメントの平均粒子径および体積濃度の両者の指数関数になることに着目し、ここで、Cramerの式を応用すれば、①式はつぎのようになる。

$$\eta_{re} = (1 - SV)^{-\alpha} V^{\beta} \cdot \phi^r \quad \text{----- ②}$$

ここで、 $S = \frac{1}{C}$ 、Cは実積率、V：容積の体積濃度、 ϕ ：容積の平均粒子径(μ)

α, β, r ：実験定数 ($\alpha = 7.7$, $\beta = 0.23$, $r = -0.18$)

②式は、セメントの粉末度から求めた平均粒子径およびセメントの体積濃度を考慮したセメントペーストの粘度方程式である。

図-5は、②式を用いてセメントペーストの相対粘度を推定した場合の推定値と、粘度を実測して得た計算値とを比較して示したものである。これらの結果はよく一致した。したがって、用いるセメントの種類および配合条件がわかれば、粘度を実測することなく、ペーストの相対粘度から、それぞれの塑性粘度を推定できるものと思われる。

図-4 セメントペーストにおける粒子の形状係数と体積濃度との関係
 $w/c = 45 \sim 150\%$

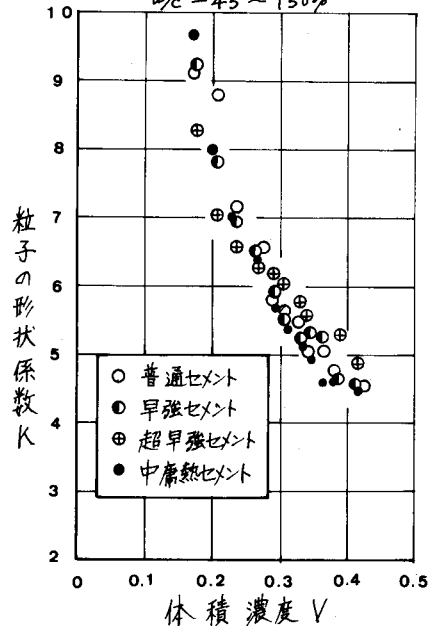


図-5 セメントペーストの相対粘度
 $w/c = 45 \sim 150\%$

