

徳島大学 正員 水口裕之

西松建設 安永正三

1. まえがき より合理的なコンクリートを得るためには、フレッシュコンクリートのワーカビリティを適確に定義・表現することが必要でその手段としてレオロジーを用いることは有効な方法と考えられる。本研究はフレッシュコンクリートのレオロジーを調べる基礎となるフレッシュペーストおよびモルタルをビンガム物体と仮定し、そのレオロジー定数すなわち塑性粘度および降伏値を測定するため、種々の型式の粘度計のうちコンクリートにも適用できると考えられる落球式粘度計を応用した鉄球ひきあげ粘度計を試作し、それを用いて測定したレオロジー定数と配合との関係について考察を加えたものである。

2. 粘度計の試作 ビンガム物体中をゆっくり運動する球のうけつり抵抗力 F は、塑性粘度 η_{pl} 、降伏値 τ_0 とすると、球と物体との間にすべりが無い場合には、 $F = 4\pi r^2 \left(\frac{3\eta_{pl} v_0}{2r} + \tau_0 \right)$ (dyne), ここで、 r は球の半径、 v_0 は球の速度で表わされる。ここで、 $\dot{\gamma} = \frac{3v_0}{2r}$ 、 $\tau = \frac{F}{4\pi r^2}$ とおくと、上式は $\dot{\gamma} = \frac{1}{\eta_{pl}} (\tau - \tau_0)$ となり、 $\dot{\gamma}$ と τ とは直線関係であるから、異なる $\dot{\gamma}$ あるいは τ に対して $\dot{\gamma}$ を測定し、これらの関係をプロットすることによって直線の勾配の逆数より η_{pl} 、 τ_0 との切片より τ_0 が求まる。

この原理を応用した図-1に示すような粘度計を試作した。装置は無攪拌遊機で鉄球のひきあげ速度 v_0 を 0.1 ~ 1.0 cm/sec に連続的に変えられるもので、定速でひきあげるとき鉄球に働らくカモ小型荷重センサ (容量 50g) で測定できるようにした。鉄球の半径 r は 1.42 cm とし、試料を入れる円筒容器は直径 12 cm、深さ 25 cm とした。

3. 実験の概要 普通ポルトランドセメントおよび豊浦産の標準砂を用いた。配合要因としては、セメントの容積濃度 V_c (水セメント比 W/C) と砂の容積率 $V_s (= \frac{\Delta}{\Delta + C + W})$ を使い、ペーストでは W/C が 1.00 ~ 0.30、 V_s では 0.24 ~ 0.51 の範囲では種にかえ、モルタルでは W/C が 0.35, 0.40, 0.60 の 3 種、 V_s が 0.05 ~ 0.40 の 8 種にかえた。試料はモルタルミキサーで、セメントと水を入れ、1分間で 30 秒間練り混ぜながら砂を入れ、その後 30 秒間の高速練り、1分休止の後高速で 1 分 30 秒間練り混ぜた。試料の温度は、22°C ± 0.5 deg にするようにした。塑性粘度および降伏値は、鉄球のひきあげ速度を 0.10, 0.25, 0.40, 0.55, 0.70 および 0.85 cm/sec にかえたときの、鉄球に働らく抵抗力を測定し、 $\tau - \dot{\gamma}$ の関係図より求めた。測定は注水後約 6 分で開始し、約 1 分おきに練り返しながらか注水度 30 分以内に終るようにした。また、フロー値として、フローコーンをはきあげたときのフロー値 FL_0 および 15 回の落下を与えたもののフロー値 FL_{15} を測定した。

4. 実験結果および考察

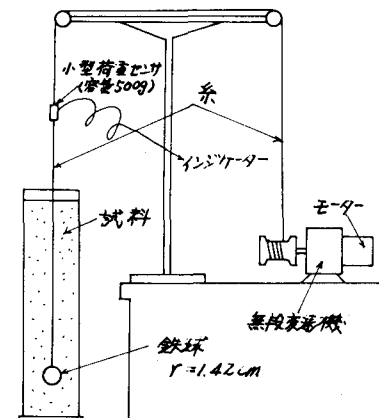


図-1 鉄球ひきあげ粘度計

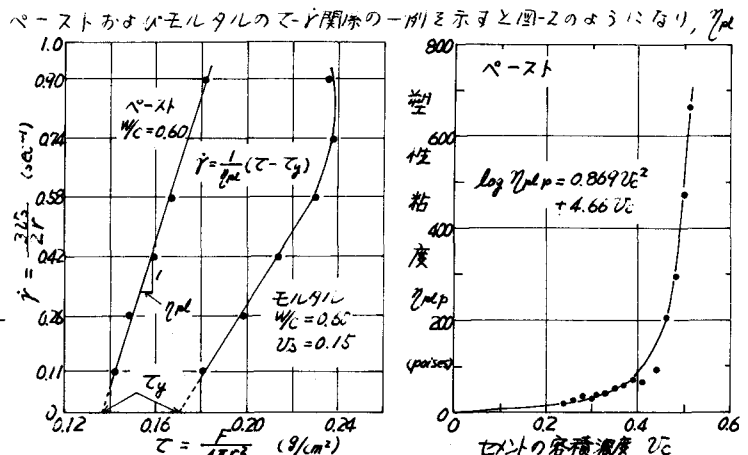


図-2 $\tau - \dot{\gamma}$ 関係図の例

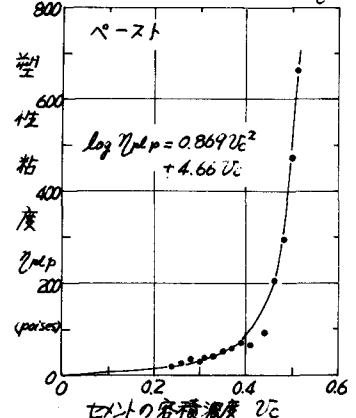


図-3 セメントの容積濃度と塑性粘度との関係 (ペースト)

と Z_y が求まる。試料ががたくなるよと図に示されているように、 Z_y が大きくなるよと Z_y に小さくなるよとが観察されたが、その原因については試料と球との間のすべり、構造の破壊などが考えられよう検討したいと考えている。

ペーストのセメントの容積濃度 V_c と塑性粘度 η_{plp} との関係は図-3のようになり、 $\log \eta_{plp} = 0.869V_c^2 + 4.65V_c$ がえられ、溶媒として水とすると相対粘度 η_{rp} は、 $\eta_{rp} = \frac{\eta_{plp}}{0.01} = 100\eta_{plp}$ となり、上式と同型式の関係式が求まる。つぎに $\log \eta_{plp}$ と V_c , W/C , C/W などとの関係を求めてみると、図-4に示したように C/W と $\log \eta_{plp}$ の間にはほぼ直線関係がえられ、 V_c , W/C , C/W などを単にパラメーターとしての意味しか考えない場合には、 C/W をパラメーターとすることが適当と考えられる。

ペーストの降伏値 Z_{yp} と V_c との関係は図-5に示したようになり、 $\log Z_{yp} = 10.0V_c - 4.30$ がえられている。

モルタルについては、図-6に示したように $\log \eta_{rm}$ すなわち各配合の溶媒としてペーストを考えた場合の相対粘度の対数と砂の容積率 V_s との間には W/C に關係なくほぼ直線関係があると考えられ、本実験の範囲ではモルタルの塑性粘度は溶媒の性質と砂の容積率 V_s によって決まると考えられ $\log \eta_{rm} = 1.84V_s$ がえられており、相対粘度は V_s のみによって定まる。また、同一 W/C , V_s で砂の粒径の異なる相馬砂を用いた場合の η_{plm} は豊浦砂を用いたものとはほぼ同じであったこと²⁾もこのことを示していると思われる。

降伏値 Z_{ym} と配合との関係は、溶媒としてペーストをとりその Z_{yp} と各モルタルの Z_{ym} との比をとると、図-7に示されるように図-6の場合と同なり直線関係ではなく、 W/C の違いによってその増加の傾向が異なっており、 W/C の小さい方が増加は急である。また、同一 W/C , V_s で豊浦砂と相馬砂を用いたモルタルの Z_{ym} が異なっていたこと²⁾などから、モルタルの η_{plm} と Z_{ym} とは別のメカニズムによって発生していることが示唆されていると思われる、これらについては今後検討したいと考えている。

また、 η_{pl} と Z_y との関係については、講演会当日発表する。

参考文献
 1) 水口、伊永、セメント技術大会講演要旨、P.92, 88.48.
 2) 水口、伊永、土木学会関西支部第13回講演要旨、P.13, 88.48.

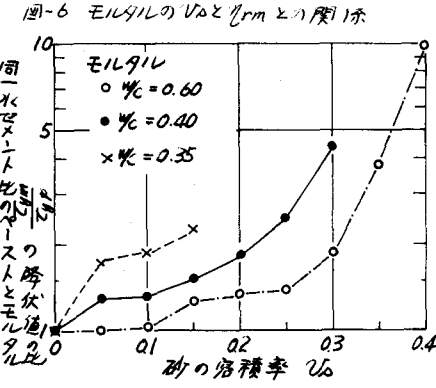
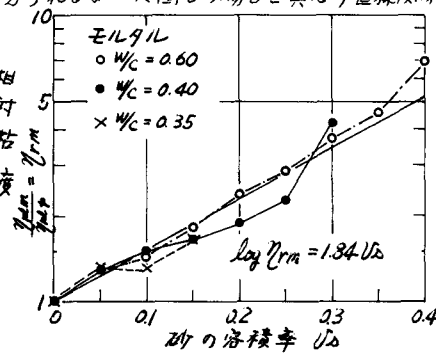


図-7 モルタルの V_s と Z_{ym} との関係

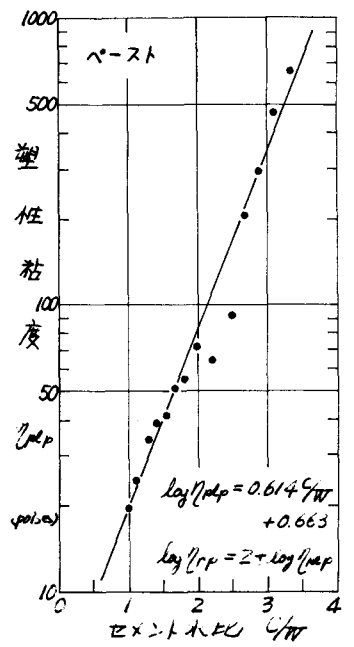


図-4 ペーストの C/W と η_{plp} との関係

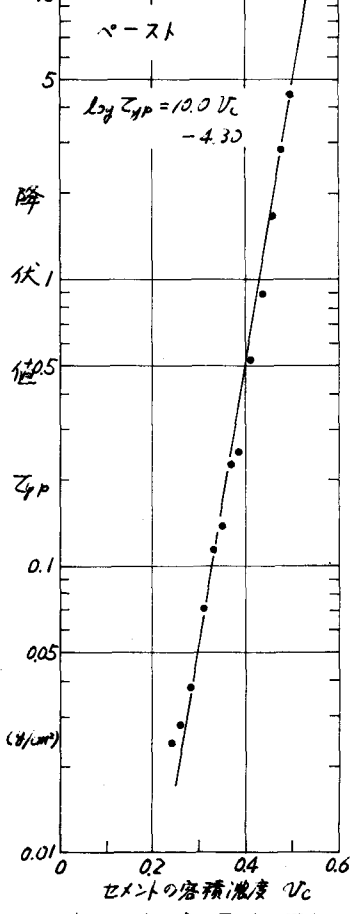


図-5 ペーストの V_c と Z_{yp} との関係