

1 まえがき

二重円筒型回転粘度計を用いてフレッシュコンクリートのレオロジー定数を測定する場合、構成する骨材粒子径が比較的大きいので、試料の流動層は可成り広くする必要がある。したがって、内円筒径の大きい回転粘度計を用いることが妥当であると思われる。

本文は、フレッシュコンクリートのレオロジー定数測定用に規模の大きい回転粘度計を試作し、円筒壁面と試料との相対移動（スリップ）、試料の流動幅、ロータ端末の影響等を測定し、これらを明らかにするとともに、レオロジー定数の測定値の信頼性についても検討したものである。

なお、この研究に関しては、東京都立大学の村田二郎教授に懇切なご指導を賜った。また、実験に関しては、本学の杉山秋博助手に労を煩わした。ここに記して謝意を表します。

2 使用材料 実験に使用した材料は、普通ポルトランドセメント、比重3.16、天然の細骨材、比重2.58、天然の粗骨材、比重2.60および保水性減水剤NL1850をセメント重量の0.25パーセント用いている。

3 回転粘度計の諸元 実験に用いた回転粘度計は内円筒回転型で、その諸元は内円筒半径15cm、長さ24cm、外円筒半径20cmである。（写真1参照）

4 容器内における試料の流動の実態

(1) 試料の流速分布 試料の実際の流動は、試料上面に発泡スチロール粉末を散布して標点とし、その流速を8ミリカメラで撮影し、メモーションによってその結果を再現する方法¹⁾を採用した。図1に測定例を示す。流速を測定した測点はロータ壁面から0.2・0.5・1.0・2.0・4.0および4.8cmとし、図1はロータ回転数 60rpmの場合について例示してある。図1の流速分布の実線は内円筒回転型の系にレオロジー基礎式を適用して得た式(1)によって描いたものである。

$$\dot{\theta} = \left[\frac{M}{4\pi h} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r_o^2} \right) + \gamma_0 \ell_m \frac{r}{r_o} \right] / \eta_{pl} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 $\dot{\theta}$ ：半径 r における試料の角速度 (rad/sec)、

M ：トルク (g・cm)、 r_o ：試料の流動領域の外側半径 (cm)、

r ：試料の流動部の任意点の半径 (cm)、 h ：試料の深さ (cm)、

γ_0 ：降伏値 (Pa)、 η_{pl} ：塑性粘度 (Pa・S)

図1において、ロータの角速度にくらべてこれに接する試料の角速度は相当に小さい。しかし、試料の流速分布の実測値と計算値とはよく一致している。また、試料のコンシステンシーによって角速度に相当の差異が生じることが認められる。

(2) ロータ壁面における試料のスリップ 図2にフレッシュコンクリートのコンシステンシーとスリップとの関係を示した。スリップ係数は $\alpha = (\dot{\Omega} - \dot{\theta}_i) / \dot{\Omega}$ で計算した。

ここに、 $\dot{\Omega}$ ：ロータの角速度 (rad/sec)、 $\dot{\theta}_i$ ：ロータに接する

写真1 ロータおよび外円筒容器

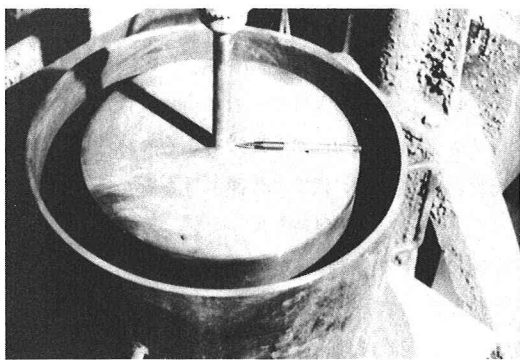
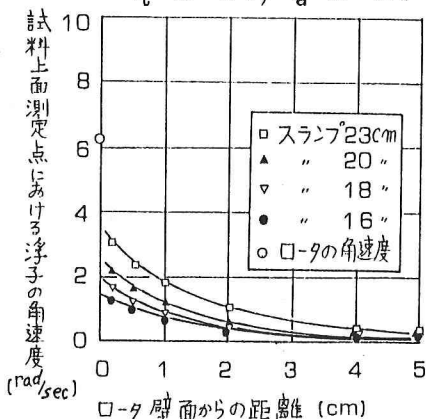


図1 回転粘度計におけるコンクリートの流動状態

ロータ回転数 60 rpm の場合

粗骨材最大寸法 15 mm

$W_C = 50 \sim 60\%$, $S_a = 63 \sim 67\%$



試料の角速度 (rad/sec) で 式 (1) から計算した。図 2 に示すとおり、すべてのコンクリートにスリップが生じており、試料が硬練りになるとその傾向は大きくなる。

(3) 試料の流動幅 図 3 にフレッシュコンクリートのコンシステンシーと流動幅との関係を示した。この図において試料の流動性が大きいほど流動幅は増大することが示されている。スランプ 20 cm 程度のコンクリートの場合、その流動幅は約 4 cm となっている。コンクリート試料の流動幅は少なくとも用いる粗骨材の最大寸法の 2 ～ 3 倍は要求されるから、流動幅を拡大するための工夫が必要と思われる。なお、ロータ半径を大とすれば流動幅が拡大することは式 (2) によっても実証されている²⁾。

$$\frac{\eta_{pl}}{\gamma} \dot{\theta}_i = \frac{1}{2} \left(\frac{r_0}{R_i} \right)^2 - \ln \frac{r_0}{R_i} - 0.5 \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 $\dot{\theta}_i$: ロータ壁面に接する試料の角速度 (rad/sec)、
 R_i : ロータ半径 (cm)、 r_0 : 試料の流動領域の外側半径 (cm)、
 γ : 降伏値 (Pa)、 η_{pl} : 塑性粘度 (Pa・S)

(4) ロータ末端の影響 フレッシュコンリートの場合、ロータ末端における吸収トルクの影響を除くために、ロータ底面と容器底面との間に厚さ 5 mm の硬練りモルタル層 (C : S : W = 1 : 3.5 : 0.4) を敷きならして試験する。これは種々配合を変えたモルタルを敷きならしてそれらモルタル自身の吸収トルクを測定し、それらのうちロータを回転したときのトルクがほとんど零となる配合である。ロータ半径 15 cm を使用した場合、この吸収トルクは 約 0.4 kg・cm であった。これに対して表 1 に示すコンクリートのロータ回転数 60 rpm 時のトルクは 約 130 kg・cm であった。したがって吸収トルクはこのトルクに対して 約 0.3 % であり、その影響はほとんど無視できると思われる。

5 試験値の信頼度 内円筒半径 1.5 cm、長さ 2.4 cm、外円筒半径 2.0 cm の回転粘度計を用い、水セメント比 55 %、粗骨材最大寸法 15 mm、スランプ 約 20 cm のコンクリートについてレオロジー一定数の信頼性について検討し表 1 に示した。その結果、レオロジー一定数の変動係数は塑性粘度の場合平均約 4 %、降伏値の場合平均 1.2 % であった。この程度のばらつきは、この種の実験の性格から考えて許容されるものとおもわれる。

6 まとめ 回転粘度計の容器内における試料の流速を実測してフレッシュコンクリートのレオロジー一定数を決定できる見通しは得られたが、ロータ半径に相当の差異がある場合には、測定されたレオロジー一定数は異なる²⁾。したがって、これらはまだ未解決の問題として残されており、今後の検討課題である。

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) 村田・菊川：フレッシュコンクリートの物性値の測定ならびに挙動に関するシンポジウム、pp 9～16、土木学会、1983

図 2 コンクリートのコンシステンシーとロータ壁面におけるスリップの程度
ロータ回転数 60 rpm の場合

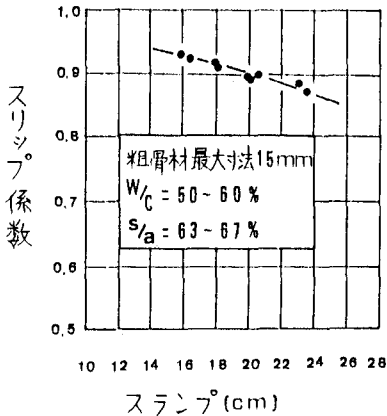


図 3 コンクリートの流動巾
ロータ回転数 60 rpm の場合

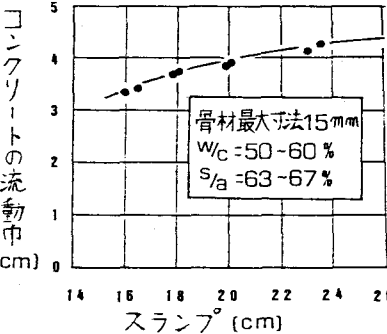


表 1 試験値のばらつき
W/C = 55 %, 粗骨材最大寸法 15 mm

細骨材率 (%)	体積 V	塑性粘度のばらつき				降伏値のばらつき			
		η_{pl} (Pa・S)	平均値	標準偏差	変動係数	τ_y (Pa)	平均値	標準偏差	変動係数
62	0.26	20.6				128			
		20.3	21.2	0.9	4.2	125	115	14	1.2
		21.6				103			
		22.3				103			