

東京都立大学 正会員 村田二郎

1. まえがき

コンクリート施工の合理化のために、まだ固まらないコンクリートのレオロジー解析は極めて有効な手段である。レオロジー研究を大別すれば、つぎの二項となる。

(1) コンクリートのレオロジー定数の測定方法の研究

(2) コンクリートの施工性に対するレオロジーの適用法に関する研究

(1) については現在までに多数の研究者により相当の成果が挙げられているが、(2) については研究はまだ少ない。本文は(2)の研究の手がかりと展望について述べたものである。

2. スランプ値のレオロジー解析

スランプはコンクリートの自重による最終変形で示され、その現象に時間要素を含まず極めて単純であること、また、従来コンクリートの施工性の実用値として広く用いられていることから、施工性の解析の起点として、スランプ値を選んだ。

(1) 理論的考察： スランプコーンにおける最大せん断応力が変形により減少し、降伏応力に達したときに静止し、スランプ値を示すと考える。

図1を参照して、任意断面の鉛直応力

$$p_x = \frac{W_x}{\pi r_x^2} = \frac{\rho \{ (H+x)^3 - H^3 \}}{3(H+x)^2} \quad \text{----- (1)}$$

W_x : 任意断面から上のコーンの重量

r_x : 任意断面の半径 H : コーンの全高

(30cm) ρ : コンクリートの比重

$$\text{せん断応力 } \tau_x = \frac{1}{\eta} \frac{p_x}{2} \quad \text{----- (2)}$$

慣性の影響を無視すれば ($\eta = 1$)

$$\tau_x = \frac{\rho \{ (H+x)^3 - H^3 \}}{6(H+x)^2} \quad \text{----- (3)}$$

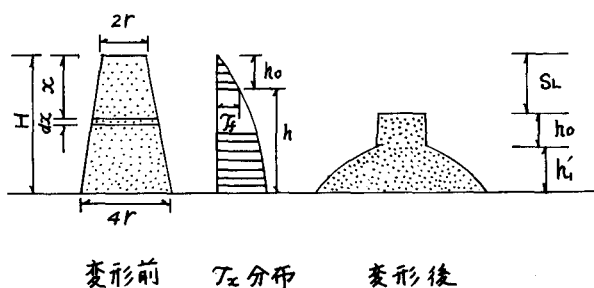


図1 スランプコーンの変形

$\tau_x \leq \tau_f$ の区間 (h_0) は流動しないので、レオロジーの対象にならない。

$\tau_x > \tau_f$ の区間 (h_1) において流動後の高さを h_1 とすれば

$$h_1 = \int_{h_0}^H \frac{r_x^2}{r_{x_1}^2} dx = \int_{h_0}^H \frac{\tau_f}{\tau_x} dx = \frac{2\tau_f}{\rho} \log \frac{7H^3}{(H+h_0)^3 - H^3} \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 h_0 は式(3)において $\tau_x = \tau_f$ として求められる。

ゴムまたは鉄板上でスランプ試験を行なう場合、底面に働く摩擦力は τ_f より大きいので、底面の水平抵抗力を τ_f に等しいものとし、 h_1 の区間で直線的に変化するものと仮定すれば、

$$\text{水平抵抗力 } S_y = \frac{\tau_f}{h_1} y \quad (y: \text{高さ } h_1 \text{ 点を原点として } K \text{ ときの縦距})$$

S_3 を考慮した場合の流動後の高さを h_1' とすれば

$$h_1' = \int_0^{h_1} \frac{\tau_f + S_3}{\tau_f} = 1.5 h_1 \quad \text{----- (5)}$$

$$\text{スランプ値 } S_L = H - (h_0 + h_1') \quad \text{----- (6)}$$

なお、 h_0 が大きい場合、この区間の変形は力学的に処理する。

$$h_0' = \int_0^{h_0} (1 - \varepsilon_x) dx = \int_0^{h_0} \left(1 - \frac{p_x}{E}\right) dx \quad \text{----- (7)}$$

(2) 実験による照査：スランプ5~28 cmの普通および軽量コンクリートについて、降伏応力測定値から式(6)を用いて計算したスランプ値と実測スランプ値との関係を図2に示す。図2において両者がかなりよく一致していることは、上記のレオロジー的取扱いが適切であることを確かめるに、このような考え方を施工時のコンクリートの挙動に適用してよいことを示すものである。また、この種の問題ではレオロジー定数のうち降伏応力が重要な役割を果たす。塑性粘度は主として振動時のコンクリートの挙動において意義を有するので、振動時の塑性粘度の測定が重要となる。

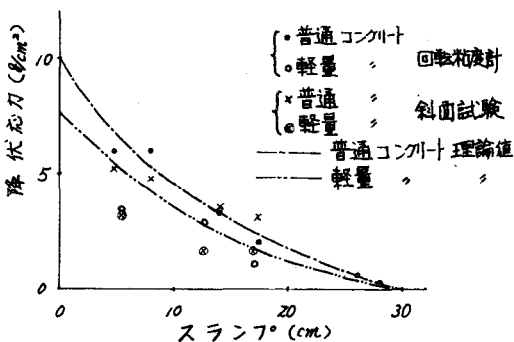


図2. 降伏応力とスランプとの関係

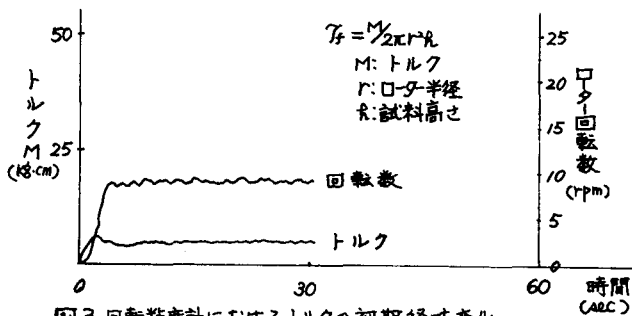


図3. 回撃硬度計におけるトルクの初期経時変化

3. 降伏応力測定法

適当なレオメーターを用い、コンクリートのコンシステンシー曲線とえがいて降伏応力と定めるのが望ましいが、この方法は容易ではない。

降伏応力だけに定めるには、つぎの方法も考えられる。

(1) 二重円筒型回撃硬度計を用い、ローダーに小さい回転力を与え、ローダーが回転を開始するまでの最大トルクから算出する。図3はXYレコーダーによる回転数とトルクの経時変化を示す。

(2) 斜面におけるコンクリート塊の流動開始時の傾斜面から算出する。

図4は時間変位曲線の一例であって、傾斜角 $14^{\circ}38'$ で微小な弾性的変形をおこして静止し、 $15^{\circ}55'$ において一様な流動を示している。これらの2法によって測定した降伏応力を表1に示す。また、図2にはこれらの2法から計算したスランプ値が打点してある。実験

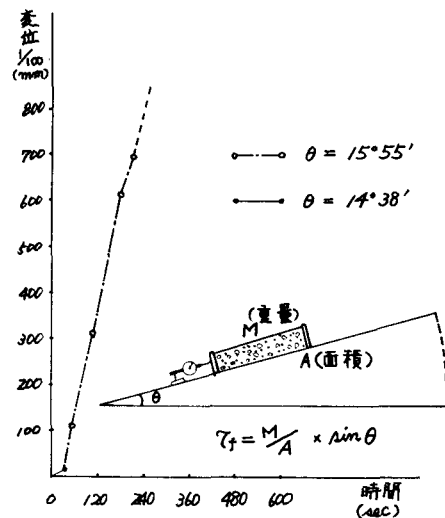


図4. 傾斜面上のコンクリート塊の変位-時間曲線

コンクリート種類	普通コンクリート	軽量コンクリート
スランプ (cm)	4.6 8.0 14.0 17.6	5.6 12.6 16.8
降伏応力 τ_{fr} (kg/cm²)	6.0 6.0 3.3 1.9	3.3 2.8 1.1
τ_f (kg/cm²)	5.1 4.7 3.5 3.3	1.6 1.7
τ_{fr} / τ_f	0.85 0.78 1.06 1.74	1.00 0.57 1.53

τ_{fr} : 回撃硬度計による値 τ_f : 斜面試験による値

に当り、本学大学院(学生)下山君の協力を得た記して謝意を表する。表1. 降伏応力測定値