

1. まえがき

コンクリートの施工性に対するレオロジーの適用法の1つとして、斜めシュートにおけるフレッシュコンクリートの流動を解析し、その流量を算出し、実験結果と比較検討したものである。

2. 斜めシュートを流動するコンクリートの解析

フレッシュコンクリートをビンガム流体と考え、図1に示すような斜めシュートをコンクリートが流動している解析を行う。仮定は次のとおりである。(1)側壁(側方)の影響は考えない。(2)流動は定常流とする。

ビンガム流体は次の式で表わされる。

$$\tau = \tau_f + \eta_{pe} \dot{\gamma} \quad (1)$$

せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ を図1の座標で考えると次のように変形できる。 v : 流速,

$$\dot{\gamma} = \frac{dv}{dy} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dy} \right) = \frac{d}{dy} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{dv}{dy} \quad (2)$$

(2)式を(1)式に代入すると

$$\frac{dv}{dy} = \frac{1}{\eta_{pe}} (\tau_x - \tau_f) \quad (3)$$

任意の流動厚さにおける各応力は次のように表わされる。 w : コンクリートの単位重量

$$\tau_r = w(h-y) \quad (4)$$

$$\sigma_y = w(h-y) \cos \theta \quad (5)$$

$$\tau_x = w(h-y) \sin \theta \quad (6)$$

(6)式を用いて(3)式を解くと、 C : 積分定数

$$v = \frac{1}{\eta_{pe}} \left\{ w \sin \theta \left(hy - \frac{y^2}{2} \right) - \tau_f y \right\} + C \quad (7)$$

境界条件は軟練りコンクリートの場合、底面のところでコンクリートは附着して移動がないと考えられるから、 $y=0, v=0 \therefore C=0$ 、硬練りコンクリートの場合、底面においてスリップによる移動があると考えられるから、 $y=0, v=v_s \therefore C=v_s$ v_s : 底面でのスリップによる移動速度

底面でのスリップがない場合

$$v = \frac{1}{\eta_{pe}} \left\{ w \sin \theta \left(hy - \frac{y^2}{2} \right) - \tau_f y \right\} \quad (8)$$

底面でのスリップがある場合

$$v = \frac{1}{\eta_{pe}} \left\{ w \sin \theta \left(hy - \frac{y^2}{2} \right) - \tau_f y \right\} + v_s \quad (9)$$

次に、流動は底面でのスリップがない場合、図2に示すようであり、 $\tau_x > \tau_f$ の条件で流速分布をもち、 $\tau_x \leq \tau_f$ では流速は一定で栓流となる。栓流部の厚さ h_e は(6)式で $\tau_x = \tau_f$ とすると、

$$h_e = \tau_f / w \sin \theta \quad (10)$$

$h = h_e$ となるとき、コンクリートは底面に附着して流動しないことになる。最大流速 $v_{max} = v_0$ を求めると、(8)式に $y = h - h_e$ を代入すると、

$$v_0 = \frac{\tau_f}{\eta_{pe}} \frac{1}{2 h_e} (h - h_e)^2 \quad (11)$$

流量 Q は一般化のため、単位流量 $q = Q/B$ で表わすことにする。 B : 巾

$$q = \frac{1}{B} (Q_0 + Q_1) = q_0 + q_1 = v_0 h_e + \int_0^{h-h_e} v dy = \frac{\tau_f}{\eta_{pe}} \frac{(h-h_e)^2}{3} \left(\frac{h}{h_e} + \frac{1}{2} \right) \quad (12)$$

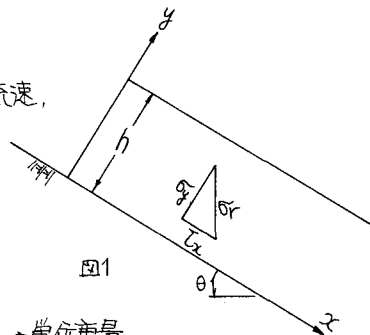


図1

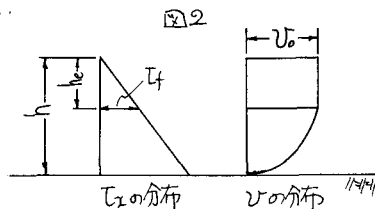


図2

平均流速 U_m

$$U_m = \frac{q}{h} = \frac{T_f}{\eta_{pe}} \frac{(h - h_e)^2}{3h} \left(\frac{h}{h_e} + \frac{1}{2} \right) \quad (13)$$

$W=2.1 \text{ g/cm}^3$, $h=10 \text{ cm}$ とし、 q, η_{pe} と T_f の関係は $\theta=25^\circ \sim 35^\circ$ について計算したものが図3である。この図から、 T_f が小さい程、 θ が大きい程、流量は大きいことを示している。

3. 実験

(1) 実験方法 図4に示すような矩形の木製斜めシュートを用いて、連続の条件が満たされると思われる一定時間(6~10 sec.)で流量 Q , 流動厚 h , h_e を測定した。 $\theta=23^\circ$, 試料はモルタルで容量25Lとし、その配合は表1に示すとおりである。使用材料はセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂(表乾比重2.58, F.M.=3.30)である。

なお、定常流とするためには貯蔵部において、試料を連続供給し、一定水位で測定するのが望ましいが、流動部に動揺をよこすことで、液面が水平にならないので、比較的安定かつ正確な測定ができることから、試料を供給しないで水頭下降中の実験を行った。

(2) 実験結果 表1に示すとおりである。

流量計算値 q_c は(12)式から求めたものである。流量実測値に対する計算値の比 q_m/q_c は0.50~1.02の範囲となっている。大きく相違している場合の原因として、計算値は定常流として求めたものであるが、実測値は時間とともに流動厚、流速が変化する非定常流となっており、とくに、流動厚の測定には問題があると考えられる。しかし、適正なレオロジー定数が求めれば、斜めシュートにおける流量はこの解析法によって、その概略値を予測することが可能であると考える。

現在、実験継続中で、この結果は講演時に報告する予定である。

4. よびがき

本研究は東京都立大学 村田二郎教授の指導のもとで行なわれたものであり、また、舞鶴高等学校 田中祐一朗教授、名城大学 菊川浩治助教授には有益な助言をいただいた。ここに記して、深謝いたします。

参考文献

1) 菊川、回転粘度計によるフレッシュコンクリートのレオロジー定数測定法、第3回全国土木学会講演会報告集、第5部、pp. 96-97、昭和50年

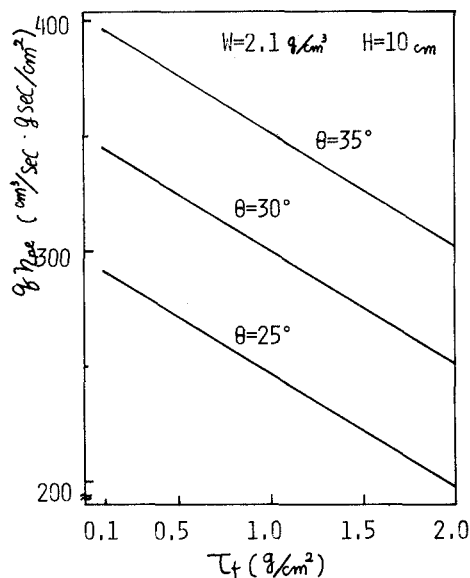


図3

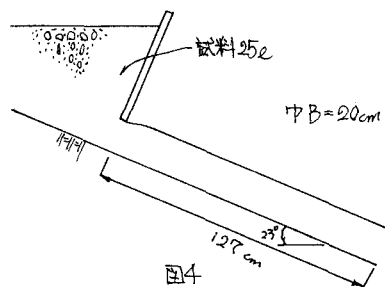


図4

表1

配合	W/C	S/C	70-値 (mm)	レオジー定数*		貯蔵部厚(cm)		単位流量 (cm³/sec)		q_m/q_c
				T_f (g/cm²)	η_{pe} (g/sec)	計算値	実測値	計算値 q_c	実測値 q_m	
0.50	1.3	238	0.58	0.074	0.71	0.9	174	86.4	0.50	
	1.7	221	0.38	0.101	0.46	0.8	123	65.2	0.53	
	2.0	203	0.64	0.136	0.78	0.8	136	139	1.02	

* 文献(1)による値