

にあり、管壁ですべりを伴う Bingham 流れと考えれば、流量は Buckingham 式ですべりによる流量 ($\pi R^2 V_R$) を加えた式(2)で与えられる¹⁾。

$$Q = \frac{R^4}{8\eta_{pl}} gI \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right)^4 \right\} + R^2 V_R \quad \dots (2)$$

ここに、 Q : 流量(cm^3/s)、 R : 管半径(cm)、 η_{pl} : 塑性粘度 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)、 r_f : 栓流半径 (cm) [$r_f = 2 r_f / gI$ 、ここに、 r_f : 降伏値(Pa)]、 $\rho g l$: 圧力勾配 $\{ = \rho g (\text{hcos}\theta + l \sin\theta) / l \}$ 、 h : ホツパの深さ(cm)、 l : 管長(cm)、 θ : 傾斜角度(度)]

図1は、すべり速度と管壁面に作用するせん断力から計算したラビング抵抗との関係を示したものであって、傾斜管の管長を

102 及び 130cm とした場合の実験式の傾き（粘性摩擦係数 α ）及び切片（付着値力 A ）は同様な結果を示している。これに比べ、管長を 57cm とした場合の試験結果は、粘性摩擦係数及び付着値力ともに大きな値となった。

表3は傾斜管試験結果を示したもので、管長を 57cm とした場合には、他の管長の場合より流量が少ない。一般に粘性流体は、大きな断面を持つ貯留槽等から断面の小さい管内に流入する場合損失を生じ、管内に作用する圧力に対応した流速分布を示さず、所定の流速分布となるのにある程度の距離（助走距離²⁾と呼ぶ）が必要である。表3に欄外に示した式を用いて計算した助走距離を示す。表3において、管長 57cm の場合の助走距離の計算値は 109~197cm で傾斜管長より大きな値となっており、試料が傾斜管内に流入する場合の圧力損失の影響等を受け所定の圧力に対応した流速分布が得られなかったものと思われる。以上より傾斜管長は、取扱いや試験に必要な試料の量を考慮して 102cm とし、以降の実験に用いることとした。

2)各種高流動コンクリートのレオロジー定数の測定

表4は、傾斜角度をそれぞれ4水準に変化させて測定した流量を式(2)に代入し四元連立に解いて求めたレオロジー定数を示した。表4において傾斜管によるレオロジー定数と回転粘度計による値とはほぼ一致し、両者の比は塑性粘度の場合 0.94~1.16、降伏値の場合は 0.83~0.92 となっており、レオロジー定数の測定に傾斜管が適用できる可能性が示された。傾斜管は、塑性粘度、降伏値に加えて粘性摩擦係数や付着力も同時に測定できるので、コンクリートの圧送計画や管理に活用できる可能性が示された。

5.結論 コンクリート用傾斜管の管長の適正值としては 102cm とすれば、高流動コンクリートのレオロジー定数が簡易に測定でき、その値は回転粘度計による測定値と近似した結果が得られる。

【参考文献】1) 鈴木：第43回土木学会年次学術講演会,p370-371 昭和63年,10月
2) 富田幸雄：レオロジー - 非線形流体の力学 -, コロナ社, pp213-215, 1975

表3 傾斜管試験結果

管長 (cm)	単位容 積質量 (kg/m^3)	傾斜 角度 (度)	圧力 勾配 (Pa/cm)	実測 流量 Q_A (cm^3/s)	ビ ンガ ム 流 量 Q_B (cm^3/s)	すべり に よ る 流 量 Q_S (cm^3/s)	粘性摩 擦係数 (Pa/cm)	付着 力 A (Pa)	Reyno -lds 数 R_{eb}	助走 距離 L_E (cm)	
130	2.177	30	1.611	2347	169	2178	8.45	347		18.8	15.3
		32	1.665	2546	178	2368				20.3	16.5
		35	1.743	2815	191	2624				22.6	18.3
		37	1.792	3189	199	2990				24.0	19.5
102	2.204	30	2.308	2779	196	2583	9.35	345		23.6	19.2
		32	2.348	3031	204	2827				25.1	20.4
		35	2.404	3335	216	3119				27.3	22.2
		37	2.438	3495	224	3271				28.7	23.3
57	2.198	30	1.771	957	256	701	12.4	609		133.7	108.6
		32	1.823	1081	291	790				152.2	123.6
		35	1.896	1529	300	1229				217.4	176.6
		37	1.942	1699	306	1393				242.9	197.3

注) $Q_S = R^2 V_R$, $\eta_{pl} = 342 \text{Pa} \cdot \text{s}$, $r_f = 136 \text{Pa}$
 $L_E = 0.065 R_{eb} D$ ここに、 L_E :層流助走距離(cm)、 R_{eb} :Bingham 体の Reynolds 数
 $(= V D / (4 a) F(a) / \rho l)$ ここに V :平均流速(cm/sec)、 a :比栓半径($=2r_f / D$)、 D :管の内径(cm)、 $F(a) = (a^4 - 4a^3 + 3) / 12a$, $F(a) = 9\{(5+6a-11a^2)/(3+2a+a^2)\} / 5$

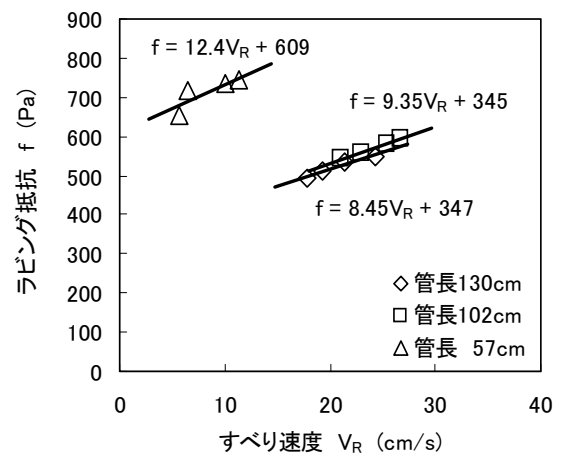


図1 すべり速度とラビング抵抗との関係

表4 レオロジー定数測定結果

種 類	傾斜 角度 (度)	圧力 勾配 (Pa/cm)	流量 (cm^3/s)	レオロジー定数				
				η_{pl} ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)	τ_r (Pa)	α (Pa/cm) / $A(\text{Pa})$	比=傾/回 η_{pl} τ_r	
粉 体 系	19	1.249	1256	398 [342]	122 [136]	28.7 / 127	1.16	0.90
	28	1.683	1627					
	36	1.905	2089					
	41	2.025	2175					
併 用 系	19	1.131	1668	1262 [1337]	96.7 [117]	13.5 / 220	0.94	0.83
	28	1.525	2253					
	36	1.726	3176					
	41	1.834	3508					
増 粘 劑 系	19	1.220	1583	1104 [1049]	144 [157]	14.4 / 221	1.05	0.92
	28	1.644	2346					
	36	1.861	2728					
	41	1.978	3613					

注) 表中[]内の値は回転粘度計による測定結果を示す。