

東京都立大学 正会員 村田二郎

1)

1)

。鈴木一雄

1. まえがき

コンクリート施工の合理化に関する研究の一環としてグラウトモルタルの管内流動について研究した。すなわちモルタルの管内流動をシロジータ的に解析し流量式を提示するとともにこれに基づいて汎用性のあるモルタルのコンシステンシー試験方法の提案を行なった。

2. 使用材料および配合

セメントは日本社製普通ポルトランドセメント(比重3.15)である。フライアッシュは比重2.19, 粉末炭3200^{cm²/g}のものを用いた。細骨材は木更津産の山砂で比重2.52, F.M.2.06, 1.88である。減水剤はポゾリスNo.8を用いた。モルタルの配合は表1に示すようであってPポートの流下時間18秒程度を基準とし16秒および20秒についても試験した。

表1. 配合表

Pポート 流下時間 (sec)	配 合 比					レオロジー定数	
	W/C+F (%)	F/C+F (%)	S/C+F (%)	Ad (%)	Al (%)	塑性粘度 (poise)	降伏値 (g/cm ²)
16	50.	20.	0.90	0.25	0.015	2.66	0.067
18			1.00			3.92	0.079
20			1.10			5.17	0.090

3. モルタルの管内流動の解析

モルタルの管内流動を調べるため図1に示すような傾斜管を用いた。試験は管を傾斜台(0°~90°まで可能)にセツトレ圧力コウ配が0.55g/cmと成る傾斜角および5°~15°まで5°おきに变化させた。管の一端にフッパを取り付けモルタルを常にoverflowさせ圧力差を一定に保った。流量の測定時間は10秒間である。傾斜管の材質および寸法は表2に示すようである。モルタルをビンガム体と仮定すると理論流量は一般に式1に示すようなBuckingham-Reiner式で与えられる。

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8 \ell \eta_{pc}} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_0}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_0}{R} \right)^4 \right] \quad (1)$$

ここに ℓ : 管長, R : 管径, Δp : 圧力差, r_0 : 栓流半径 ($=2\ell\tau_0/\Delta p$), η_{pc} : 塑性粘度, τ_0 : 降伏値

圧力差を管軸方向の圧力コウ配で表わし各圧力コウ配における実測流量と式1による理論流量を図2に示す。

図2において実測流量は式1と一致せず管長が $\times 150$ cm以下の場合(式1より大となり), 150cm以上の場合は $\downarrow$ となつてゐる。これは管壁における試料のスリッパおよび摩擦に起因すると考えられる。スリッパによる速度 v_s はモルタルのコンシステンシーおよび圧力コウ配に関係するものと考えられるので式2で与えられる。

$$v_s = \alpha \frac{\Delta p - \Delta p'}{\ell} \quad (2)$$

ここに α : モルタルの性質によるものでスリッパ係数とよぶことにする, Δp : 壁面摩擦による圧力損失, 圧力損失は管長および動摩擦係数に關係するものと考えられる。動摩擦係数は管壁の粗滑によるもので管壁に及ぼす圧力として管長 ℓ の平均圧力差を用いるものとすれば式3で与えられる。 $\Delta p' = \frac{2\pi R \ell \mu}{\pi R^2} n = \frac{\ell \mu}{R} n$ (3)

ここに μ : 平均圧力差(φ/2)。スリッパ係数および動摩擦係数を導入すればBuckingham-Reiner式は式4のようになる。

$$Q' = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8 \ell \eta_{pc}} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_0'}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_0'}{R} \right)^4 \right] + \pi R^2 v_s$$

$$= \frac{\pi R^4 \Delta p (1 - \frac{4}{3} n)}{8 \ell \eta_{pc}} \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left[\frac{\Delta p (1 - \frac{4}{3} n)}{R} \right] + \frac{1}{3} \left[\frac{\Delta p (1 - \frac{4}{3} n)}{R} \right]^4 \right\} + \pi R^2 \alpha \frac{\Delta p (1 - \frac{4}{3} n)}{\ell} \quad (4)$$

ここに Q' : 補正流量, r_0' : 栓流半径 ($=2\ell\tau_0/\Delta p - \Delta p'$)

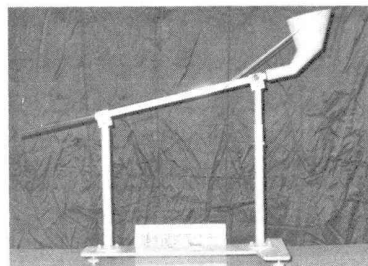


図1. 傾斜管試験装置

表2. 管の材質および寸法

材 質	管 長 (cm)					管 径 (mm)
	50	100	130	150	200	
塩化ビニール	○	○		○	○	20
ステンレス	○	○	○		○	20
アクリル樹脂	○	○		○	○	19

傾斜管の材質、管長、モルタルのコンシステンシーを変化させて流量を実測し、最小自乗法によって α および n を決定した(表3参照)。表3において α の値は管の材質および管長にガガわらずモルタルのコンシステンシーによってほぼ一定値を示し、 n の値はモルタルのコンシステンシーおよび管長にガガわらず管の材質により一定値を示すことが認められた。尚、理論流量の計算に用いるレズロジー定数の測定は外円筒回転型粘度計により実測したもので測定結果は表1に示すようである。

4. 傾斜管によるモルタルのコンシステンシー測定法の提案

モルタルの管内流量は上記のように管壁におけるスリップにより増加するとともに摩擦により減少する。したがって適当な管長を選べばこれらが相殺されて実測流量は式1による計算流量と見做し一致する。たとえば図2における管長150cmの場合の実測流量は計算値と一致している。図3は管長150cm

のアクリル管を用いた場合の流量とPロートの流下時間を比較したものである。図3においてPロートの流下時間は単位水量との関係が図のような曲線であり、水量が大きい場合Pロートの流下時間は水量の差による影響を明確に示さない、逆に水量が小さい場合若干の水量の変化は拡大されて示される。

これに比べ傾斜管による流量は水量との関係が広範囲にわたり直線で表わされ、細骨材のF.M.の相異によるコンシステンシーの変化も鋭敏に検定できる。

また実測流量が式1に一致する管長の傾斜管を用いれば直接モルタルのレズロジー定数も測定できるので、あらかじめモルタルのコンシステンシー(傾斜管による流量)と α の関係、輸送量の材質と n の関係を求めておけば傾斜管の実験結果を利用してグラウトモルタルの輸送時における圧送負荷、流量の予測ができるものとする。傾斜管の流量測定法としてはステンレス管の場合、管長130cm、塩化ビニールおよびアクリル管の場合150cm(図4参照)、管径 ϕ 20mm、圧力勾配0.55 g/cm²/cm(傾斜角10°~15°)、計料の採取時間10秒程度が適当である。

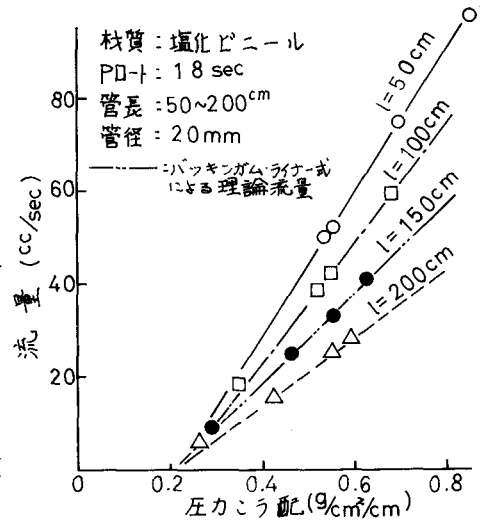


図2. 圧力勾配と流量

表3 α および n

材質	Pロート	実測流量(cc/sec)				α	n ($\times 10^{-5}$)
		50	100	150	200		
塩化ビニール	1.6	80.0	66.9	53.5	40.5	23.2	22.5
	1.8	52.7	—	32.9	25.1	15.9	22.7
	2.0	36.0	—	22.9	18.9	12.0	22.6
ステンレス	1.6	72.3	60.1	(54.0)	40.5	20.2	25.7
	1.8	53.1	40.3	(33.6)	20.3	16.0	25.0
	2.0	35.5	30.1	(23.2)	18.4	11.6	25.5
アクリル樹脂	1.6	64.9	48.3	33.6	31.1	21.3	22.1
	1.8	36.1	28.8	26.6	19.3	13.8	22.0
	2.0	30.9	—	20.0	12.7	11.7	22.2

但し、 $\alpha = 0.55 \text{ g/cm}^2/\text{cm}$

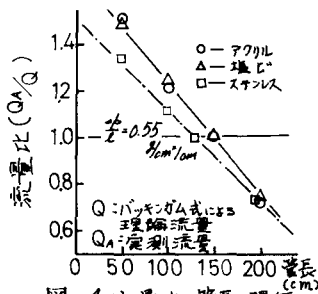


図4 流量比と管長の関係

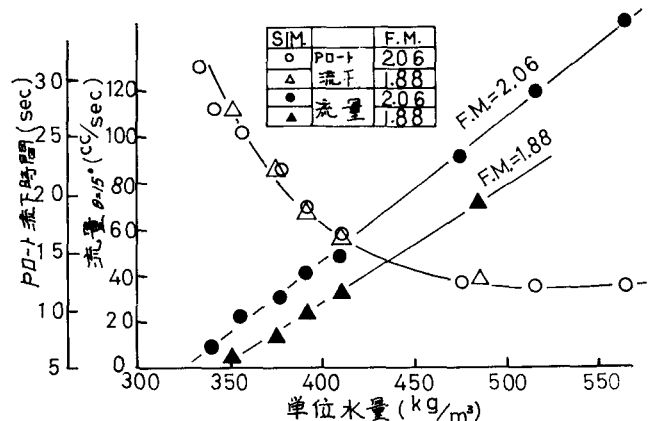


図3. 単位水量とPロートの流下時間および傾斜管の流量