

東京都立大学 正会員 鈴木 一雄

1. まえがき

コンクリート施工の合理化を計る上で、まだ固まらないコンクリートの変形および流動現象の予測を行なうことは、きわめて重要なことである。本研究はグラウトモルタルの円管内の流動現象を取り扱ったもので、グラウトモルタルをビンガム体と仮定し、管壁におけるグラウトモルタルのスリップ係数、および動摩擦係数の決定に重点を置いて研究し、任意の圧力負荷における流量の推定式を提示した。なお、本研究を行うに当り、終始御指導を賜った東京都立大学、村田二郎教授に感謝するとともに、昭和53年度吉田研究奨励金を授与されたことを付記し、謝意を表します。

2. 使用材料および配合

実験に使用したセメントは日本製普通ポルトランドセメント(比重3.16)である。フライアッシュは比重2.19、粉末度 $3200\text{ cm}^2/\text{g}$ のものを用いた。減水剤はポゾリスNo.8(過延型)を用いた。細骨材は水更産の山砂で比重2.59、吸水率4.9%のものを用いた。

グラウトモルタルの配合は表-1に示すようになって、Pロートの流下時間、18秒程度を基準として16秒および20秒のものについても試験した。

3. グラウトモルタルの流量の予測

グラウトモルタルをビンガム体と仮定し傾斜管(図-1参照)による奥側流量とバッキンガム・ライナーの式による理論流量と比較検討した。実験に用いた管の内径は20mm、管長は50, 100, 150, 200および300cmであって、管の材質はアクリル樹脂、塩化ビニールおよびステンレスである。傾斜角度を5°, 10°および15°に変化させ流量の測定を行なった。測定結果を図-2に示す。

図-2において管の材質がアクリルおよび塩化ビニールの場合、管長150cmで、ステンレスの場合、管長130cmで、奥側流量はバッキンガム・ライナーの式による理論流量と見掛け上、一致しており、管長がこれより短かい場合、奥側流量は理論流量を上まわり、逆にこれより長い場合は理論流量を下まわす。これらのことは管壁面におけるグラウトモルタルのスリップおよび摩擦による圧力損失に起因すると考えられる。スリップは圧力勾配とグラウトモルタルの配合によって決定されると考え、摩擦による圧力損失は管壁内面の粗滑に

表-1 グラウトモルタルの配合

W_{C+F}	S_{C+F}	F_{C+F}	Ad_{C+F}	Pロート流下時間(秒)	単位容積重量(g/cm^3)
50	1.11	20	0.25	16.1	2.04
50	1.20	20	0.25	17.8	2.05
50	1.31	20	0.25	20.2	2.06

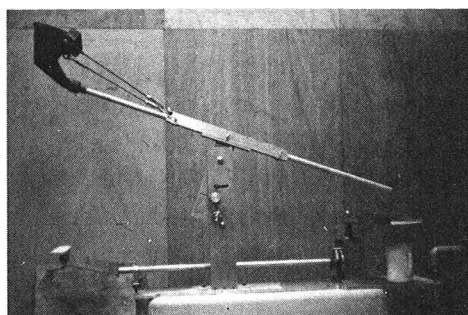


図-1 傾斜管試験装置

表-2 α および n の値

Pロート流下時間(秒)	16	18	20
α	0.30	0.20	0.12
$n \times 10^{-4}$	1.5	1.4	2.0

よるものと考えた。すなわち

$$v_s = \alpha \frac{4P - 4P'}{l} \quad (1)$$

$$4P' = \frac{2l\mu}{R} n \quad (2)$$

ここに、 v_s はスリッパによる速度、 l は管長、 $4P$ は圧力差、 $4P'$ は圧力損失、 α はスリッパ係数(配合によって決まる定数)、 R は管の半径、 μ は管壁面に作用する圧力、 n は管壁内面の粗滑によって決まる動摩擦係数

これらスリッパおよび圧力損失をバッキンガム-ライナーの式に導入することにより、グラウトモルタルの管壁内の流量の推定式(式-3)が与えられ、任意条件下の流量の推定が可能となる。

$$Q = \frac{\pi R^2 (4P - 4P')}{8l \eta_{pe}} \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_0}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_0}{R} \right)^4 \right\} + \pi R^2 v_s \quad (3)$$

ここに、 η_{pe} は塑性粘度、 r_0 は栓流半径 $\left(= \frac{2l\tau_0}{4P - 4P'} \right)$

τ_0 は降伏値。

4. α および n の値

α および n の値を求めるため傾斜管に25cm間隔で圧力ゲージ(最大圧力200%cm)を管壁面にセットし、動かしめ計および圧力コーダーを用いて管壁に作用する圧力を測定した。特に、圧力ゲージは温度の変化による影響が大きいので、試験前に傾斜管全体の温度をグラウトモルタルの練りより温度と同程度となるように掛けた。圧力の測定結果を図-3に示す。図-3において、管の入口付近で測定した圧力は比較的小さく、管の入口から20cm前後で予測に近い値を示し、その後、管の出口付近につれて図-3に示すように曲線的に減少する。管の入口付近の圧力値下は助走区間を示すと考えられるが、この区間は比較的短かいので、これを無視し管内の圧力分布を管入口においてホッパーによる水頭差、出口において0、その間を式4で近似させた。

$$\xi = 1 - \lambda e^{-\lambda} \quad (4)$$

ここに ξ は圧力比(P/P_0)、 λ は管路全長に対する入口からの長さの比(l/L)、管長150cm、管径20mmの強化ビニル管によりPポート流下時間16、18および20秒で傾斜角度5°、10°および15°における実測流量と式3を用い、 α および n の値を計算すると表-2に示すようである。表-2で与えられた α および n を用い、種々の管長および圧力コング配の管路におけるグラウトモルタルの流量予測を行ない実測値と比較した。その結果を表-3に示す。表-3において圧力コング配が $\lambda < 0.6$ 以内では実測値と計算値がよく一致している。しかし圧力コング配が1以上になると計算値は実測値に比べてかなり小さい。これは圧力コング配の大きい範囲ではスリッパ係数が圧力コング配に一次比例しないものと考えられ現在検討中である。

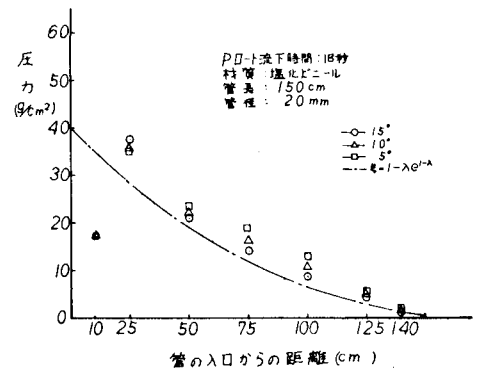
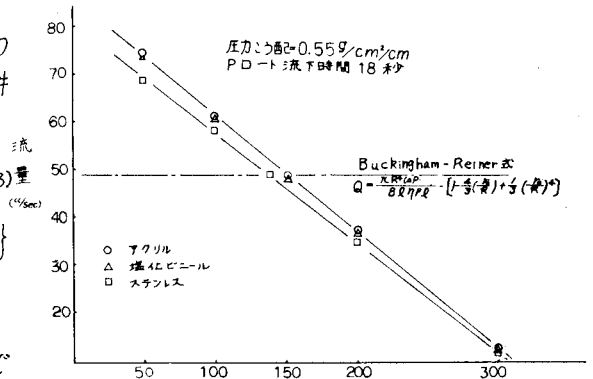


図-3 管内圧力の測定結果

表-3. 流量測定結果(Pポート流下時間18秒)

管長 (cm)	流量 (%sec)	傾斜角度=θ		
		5°	10°	15°
	圧力コング配=P	0.304	0.480	0.655
50	QA	53.5	67.1	80.5
	Q'	52.1	66.4	80.0
	比	1.03	1.01	1.01
200	QA	3.46	16.0	30.1
	Q'	3.35	15.8	29.7
	比	1.03	1.01	1.01
800	QA	P=0.625 10.5	P=1.25 11.5	—
	Q'	10.2	50.7	—
	比	1.03	2.27	—

注: QAは実測流量, Q'は計算流量 比=QA/Q'