

日曹マスタービルダズ(株)中央研究所 正会員 吉住 彰

1. まえがき

充填モルタルは、橋梁支承および機械ベースプレートの据付け用など多くの分野において利用されており、充填箇所への注入施工法は注入ホッパー等を用いた自重圧によるものが最も一般的である。また、充填モルタルの運搬は注入ホッパーを用いて行なわれるが、施工現場の状況によっては練りませ箇所から注入箇所までモルタルポンプの圧送する場合も数多くある。充填モルタルは、ドロート（下端口径14mm×上端口径70mm×長さ395mm）による流下時間が5～10秒程度のコンシステンシーの範囲で施工され、プレバウンドコンクリートの注入モルタルと比較して硬い材料であり、圧送管の管壁でスリップを生じることが予測される。そこで、本研究は、硬質塩化ビニール管およびフレキシブルホースにおける充填モルタルの管内流量の推定について検討した。また、フレキシブルホースの曲り管における流量測定結果もあわせて述べる。

2. 実験概要

試験に用いた充填モルタルは、石灰系の膨張材を混入した市販品の収縮グラウト材料1種であり、セメント、砂、その他の材料があらかじめ調整混合されたものである。モルタルのコンシステンシーは、下端口径14mm×上端口径70mm×長さ395mmのドロートを用いてモルタルの流下時間を測定した。モルタルのレオロジー定数は、半径14mm、高さ70mmの内円管と半径35mm、深さ100

表-1. モルタルの配合およびレオロジー定数

水 量 ($\frac{\text{L}}{25\text{kg}}$)	コンスタンター ($\frac{\text{Jou}}{\text{t}}/\text{秒}$)	レオロジー定数		備 考
		η_{pl} (poise)	τ_0 ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$)	
4.1	9.8	42.5	0.183	塩ビ管 ストレート
	9.8	44.4	0.184	同 上
4.25	7.4	29.6	0.125	塩ビ管 ストレート
	7.1	28.3	0.118	同 上
4.4	5.6	21.2	0.083	塩ビ管 ストレート
	5.5	20.5	0.079	同 上
4.1	9.4	38.8	0.174	耐圧ホース ストレート
	9.4	39.2	0.169	同 上
4.25	7.1	28.3	0.118	耐圧ホース ストレート
	7.3	29.2	0.122	同 上
	6.7	26.6	0.108	同 上
4.4	5.4	20.4	0.077	耐圧ホース ストレート
	5.6	21.7	0.080	同 上
4.25	7.0	27.6	0.116	耐圧ホース 曲り管
	7.2	27.0	0.110	同 上

3. 試験結果

図-1および図-2に硬質塩化ビニールおよび耐圧ホースのストレート管における圧力勾配と流量との関係を示す。各図における計算値は、(1)式のバッキンガム-ライナー式を用いて算出した。

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 L \eta_{pl}} \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right)^4 \right\} \quad (1) \quad \text{ここに: } Q = \text{流量}, L = \text{管長}, R = \text{管の半径}, \eta_{pl} = \text{塑性粘度}$$

$$\Delta P = \text{圧力差}, r_f = \text{管流半径}, \tau_0 = \text{降伏値}$$

$$r_f = 2 L \tau_0 / \Delta P$$

これらの図から水量が4.4 $\frac{\text{L}}{25\text{kg}}$ のモルタルでは、計算値と実測値とが一致しており、管壁部においてスベリが生じずビンガム流体に近い挙動を示している。しかし、水量が4.25 $\frac{\text{L}}{25\text{kg}}$ 以下では、硬質塩化ビニールでは、実測流量が計算流量をうわまわり、耐圧ホースでは逆に実測流量が計算流量を下まわる結果が示された。このように硬質塩化ビニール管では管壁部にスベリが生じ実測流量が計算流量をうまったものであり、(1)式にスベリ速度

による流量増加の適用が考えられる。

管内におけるせん断応力 τ と圧力差 ΔP との関係は下式で表わされる。 $\tau = r \cdot \Delta P / 2L$ したがって管壁におけるせん断応力は上式に $r = R$ を代入して(2)式のようになる。

$\tau = R \cdot \Delta P / 2L$ (2) また、モルタルが管壁から受ける抵抗力 f は、管壁とモルタルとの間に液体摩擦が働くものとすると、液体摩擦の概念からすべり速度に比例する(3)式で表わすことができる。

$$f = \lambda \tau R + F \quad (3) \quad \begin{array}{l} \lambda: \text{摩擦に関するファクター} \\ F: \text{付着に要する力} \end{array}$$

(3)式において $f = \tau R$ とし、実測流量と(1)式の計算流量との差を管の断面積で除したスリップ速度 v_s と τ との関係を表わすと図-3のようになる。この関係より最小自割法を用いて λ , F を算出すると λ は0.45~0.7の範囲にあり、ほぼ0.6程度であらうと思われ、 F は0.18~0.24の範囲で降伏値に関係あるものと考えられる。

また、耐圧ホースの流量下は、ホースの補強らせん筋の凹凸が影響したものである。

90度曲り管における流量は、図-4に示すように圧力勾配が0.6~1.0内でストレート管に対して約20%~30%低下する。

4. まとめ

1) スベりを伴うモルタルの流量推定はスベり速度による流量増加を考慮することによって可能と思える。

表-2 λ , F の値

水量 ($l/25m$)	レオジ-定数		λ	F (g/cm)
	η_{pe} (poise)	τ_f (g/cm)		
4.1	42.5	0.193	0.648	0.235
	49.4	0.194	0.692	0.237
4.2	29.6	0.125	0.612	0.177
	29.3	0.118	0.464	0.210

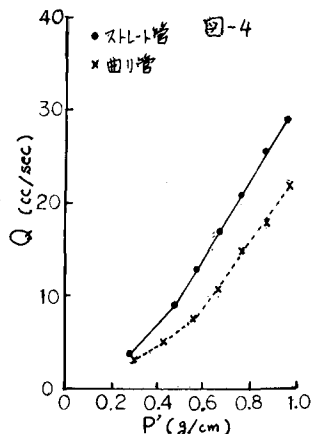


図-4

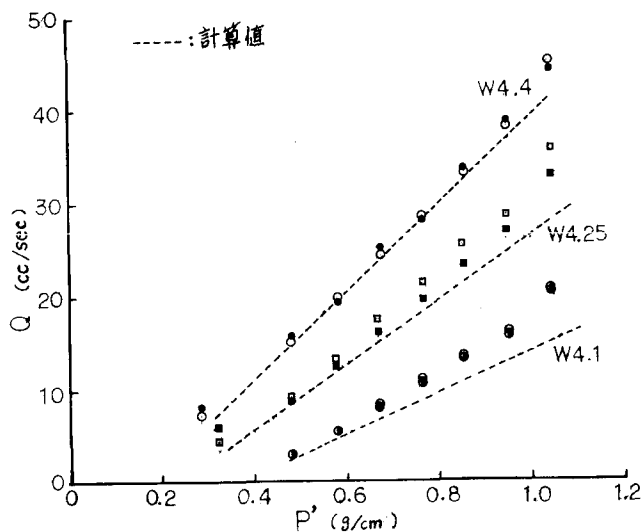


図-1 硬質塩化ビニル管における圧力勾配と流量との関係

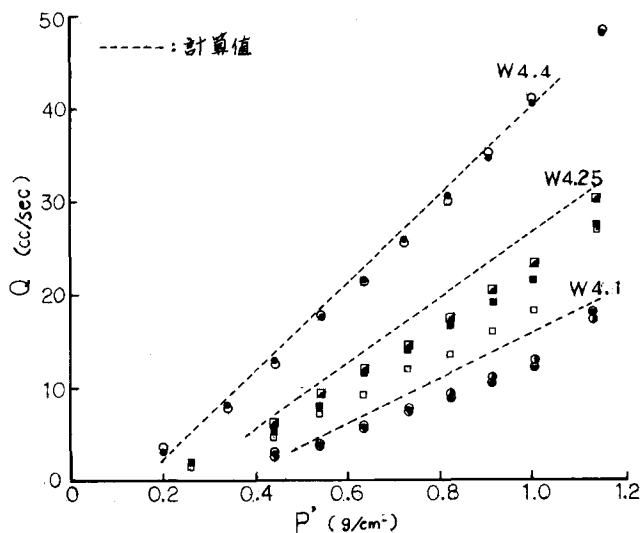


図-2 耐圧ホースにおける圧力勾配と流量との関係

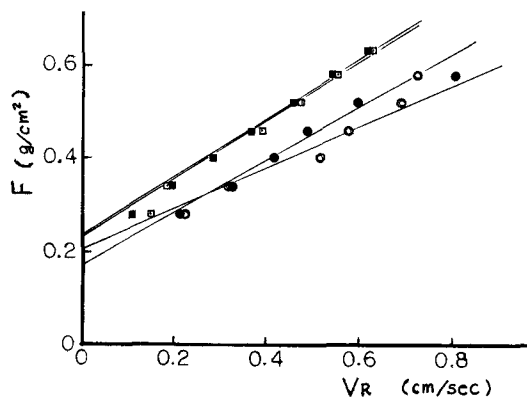


図-3 v_s と F の関係