

V-124 ポンプ輸送管径と輸送管壁面の粘性摩擦係数に関する実験検討

静岡県庁	正会員	西村 昌史
日本大学生産工学部	正会員	越川 茂雄
同上	正会員	伊藤 義也
日本大学大学院	学生会員	高橋 一義

1. はじめに

ポンプ圧送下の輸送管内のコンクリートの流れは一般にすべりを伴う塑性流れであり、輸送管壁とコンクリート試料間は液体摩擦状態にあることが確かめられ、流量式やポンパピリチー係数式等が提案されている。¹⁾ 本研究は輸送管の管径と輸送管壁面の粘性摩擦係数との関係について、80A、100A及び125Aの3種の輸送管を用いたポンプ圧送実験を行い、検討したものである。

2. 提案されている流量式及びポンパピリチー係数¹⁾

(1) 流量式

$$Q_s = Q_B + \pi R^2 V_R \quad \dots (1) \quad \text{ここに、} Q_s: \text{すべりを含む流量、} Q_B: \text{ビンガム流量}$$

ただし、

V_R : すべり速度、 R : 管の半径

$$V_R = \frac{1}{a} \left\{ \frac{R}{2} \cdot \frac{\Delta P}{l} - A \right\} \dots (2) \quad \frac{\Delta P}{l}: \text{圧力勾配、} A: \text{付着力}$$

(2) ポンパピリチー係数式

$$K_p = \frac{\beta}{a} \pi R^2 \left(\frac{R}{2} - \frac{A}{i} \right) \quad \dots (3) \quad \text{ここに、} K_p: \text{ポンパピリチー係数、} \beta: \text{圧送効率}$$

a : 粘性摩擦係数、 i : 圧力勾配 ($i = P/l$)

3. ポンプ圧送実験方法

用いたポンプ圧送機はK社製のスクイズ式で10m³/hの圧送性能のものである。圧送実験は圧送圧力を3段階に変化させ、各圧送圧力に対するコンクリートの流量を測定した。

4. 使用材料及びコンクリートの配合

セメントはC社製普通ポルトランドセメント、細骨材は中国福建省復安河産陸砂と千葉県君津産陸砂との混合砂、粗骨材は東京都青梅産砕石1505及び混和剤はN社製AE減水剤を用いた。

用いたコンクリートは、水セメント比53%、空気量5%としたスランプ15cm及び21cmの配合のものである。

5. 粘性摩擦係数の求め方

輸送管壁とコンクリート試料間の摩擦抵抗（ラビング抵抗） f_R は管壁面に働くせん断力 τ_R にほぼ等しい。¹⁾

（式4、5）本研究では図-1、2に示す実測したす

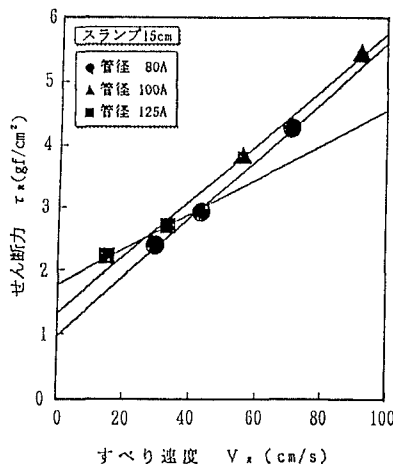


図-1 すべり速度とせん断力

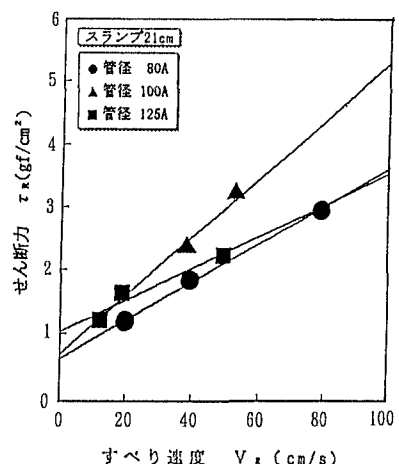


図-2 すべり速度とせん断力

べり速度 $V_R = (Q_S - Q_B) / \pi R^2$ と τ_R との直線関係を最小自乗法により決定した直線式より粘性摩擦係数 α 及び付着力 A を求めた。なお、図-3、4に圧送圧力と実測流量との関係を示す。

$$\tau_R = \alpha V_R + A \quad \dots(4)$$

$$\tau_R = \frac{R}{2} \frac{\Delta P}{l} \quad \dots(5)$$

6. 試験結果及び考察

輸送管径と粘性摩擦係数 α との関係を図-5に示す。この結果によれば、粘性摩擦係数 α は管径により相違することを示した。すなわち、輸送管径 80A、100A及び125Aの粘性摩擦係数 α は0.045～0.046、0.030～0.047及び0.025～0.029と輸送管径が大きくなるほど小さくなることが認められた。

このことは次のように検証する。

ポンプ圧送時に輸送管壁に形成される分離液体を壁面ビンガム液体と仮定し、この層厚を Δy とすると壁面ビンガム液体の塑性方程式は式-6で示される。

$$\tau_R = \eta_{p1} \frac{V}{\Delta y} + \tau_f \quad \dots(6)$$

ここに、

$$\Delta y = W_b \frac{D}{4}$$

W_b : コンクリート試料に対する

分離水の容積比

η_{p1} : 壁面ビンガム液体の塑性粘度

τ_f : 壁面ビンガム液体の降伏値

式(4)及び式(6)より粘性摩擦係数 α は式(7)となる。

$$\alpha = \frac{\eta_{p1}}{\Delta y} - \frac{A - \tau_f}{V_R} \quad \dots(7)$$

ここで $A = \tau_f$ の場合

$$\alpha = \frac{\eta_{p1}}{\Delta y} \quad \dots(8)$$

以上のことから粘性摩擦係数は壁面ビンガム液体の塑性粘度に比例し、層厚に反比例する。したがって、輸送管の直径に反比例する。

（参考文献）コンクリートのポンプ施工指針（案）：土木学会，昭和60年11月

〔謝辞〕本実験を遂行するにあたり、ご指導頂いた村田二郎東京都立大学名誉教授、並びにポンプ圧送機の便宜を賜りました極東開発工業株式会社に対しここに記して感謝の意を表します。

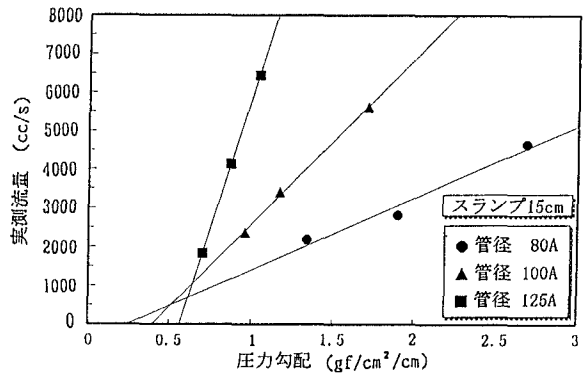


図-3 圧力勾配と実測流量

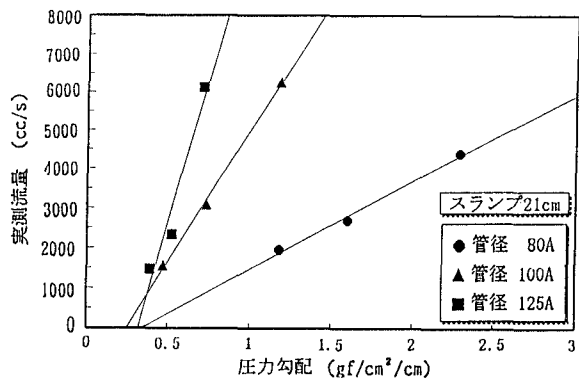


図-4 圧力勾配と実測流量

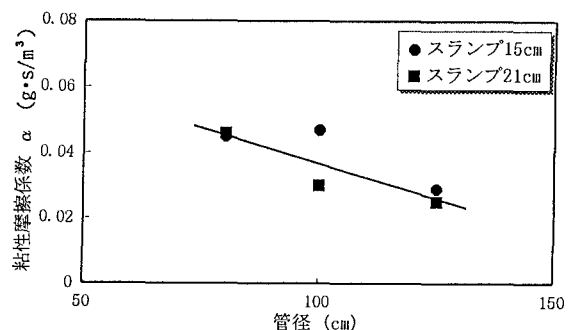


図-5 輸送関係と粘性摩擦係数