

八戸工業大学 正会員 〇川島 俊夫
 東北大学工学部 高橋 弘
 八戸工業大学 正会員 佐々木 幹夫

1. はじめ

近年豪雪地帯での除排雪施設として流雪溝が注目されている。この流雪溝の布設は年々増加の傾向にあるが、勾配の不足等のため流雪溝の設置が不可能な場合は円管路を布設し雪水混相流を二相流として流すことが考えられる。さて円管内二相流の研究は、白樫ら¹⁾により僅か行われているが、流動の解析まではなされていない現状である。本報告は円管内雪水二相流の流動に関し二三の考察を試み、この流送方式の設計に寄与しようとするものである。

2. ビンガム流体モデルによる解析

図. 1 のようにモデル化すると、レオロジ方程式はビンガム流体モデルで近似できる。

$$\tau = \tau_w + \mu_B (-du/dr) \quad (1)$$

この場合、流量 Q 、流速 V_m 、圧力損失 $\Delta p/L$ 、吐出体積濃度 C_v 等はそれぞれ次式で表わされる。

$$Q = \frac{\pi R^3 \tau_w}{4 \mu_B} \cdot \phi_B \quad (2) \quad V_m = \frac{D \tau_w}{8 \mu_B} \cdot \phi_B \quad (3)$$

$$\Delta p/L = 3 \cdot 2 \frac{V_m \mu_B}{D^2 \phi_B} = f_B \frac{\rho_m V_m^2}{2 g D} \quad (4)$$

$$C_v = \frac{Q_B}{Q_B + Q_w} = \frac{6a^2(1-\epsilon_p) + (1-a)(3+5a)(1+\epsilon_p)/2}{3+2a+a^2} \quad (5)$$

$$\text{なお、} R_e = \frac{\rho_m V_m D}{\mu_B \cdot g}, \quad F_r = \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot D}}, \quad a = \frac{r_p}{R}$$

$$\phi_B = 1 - \frac{4}{3} a + \frac{1}{3} a^4 \quad (6)$$

(3) ないし (5) 式より得られる圧力損失の値を用いて次式で示される圧力損失係数 ϕ の値を求め、この値と白樫ら²⁾の実験値とを比較した結果を図. 2 に示した。

$$\phi = \{(\Delta p/L) - (\Delta p/L)_w\} / (\Delta p/L)_w \cdot C_v \quad (7)$$

なお、実験条件及び主な計算値は表. 1 に示される。この図をみると両者はほぼ一致している。これを見ると高流速域において ϕ の値が負になっているが、本モデルによる計算値も同じく負になっている。この ϕ

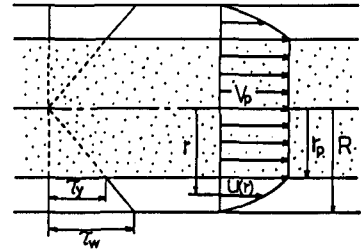


図. 1

表. 1

Calculated Results by using plng flow model from experimental conditions by Shirakashi et al.

	I	II
D	40	40
V _m	1.30	0.77
C _v	0.202	0.269
a	0.8	0.8
C _{wp}	0.18	0.24
C _{wa}	0.022	0.029
ε _p	0.754	0.673
ε _a	0.918	0.892
V _p	1.489	0.882
μ _B	1.903×10 ⁻⁴	1.937×10 ⁻⁴
Δp/L	70.82	42.70

の負の値は雪水二相流の圧力損失が水のみの圧力損失より小さくなることを意味する。この原因としては、雪塊の混入による流動状態の層流への遷移及び水粒子の渦運動の抑制等が考えられる。

さて、乱流流れに対しても管中心にプラグが存在し、かつ混合長概念が適用できるとした研究があるが³⁾、これらの検討の結果については今後の発表に待ちたい。

3. Shookモデルによる管摩擦係数

Shookは⁴⁾水とは同じ比重のポリスチレン粒子を流送し、管摩擦係数 f を与える式として次式を提案している。

$$f = (1 - C_v) f_w + k \lambda C_v Re^{-0.5} \quad (8)$$

右辺第1及び第2項はそれぞれ、流体及び粒子による成分であり、 k は定数、 λ は粒子の最密充填濃度の関数であるが、 $k \cdot \lambda$ を K とおき K の値により管摩擦係数 f に対する粒子による成分の大きさについて考察を進める。

(4) 式より管摩擦係数 f_B を求め、これを (8) 式に代入し K について解くと次式が得られる。

$$K = \left\{ \frac{64}{Re \phi_B} - (1 - C_v) f_w \right\} / C_v Re^{-0.5} \quad (9)$$

ここで $\epsilon_p = 0.78$, $C_v = 0.2$ の時の K と Re との関係を図. 3 に示した。低い Re 数の範囲では K の値が大きく、雪塊粒子の影響が管摩擦係数に大きく現われているが、 K の値は Re 数の増加とともに減少し、高い Re 数の範囲では負になっている。この K の負の値は雪塊の混入により管摩擦係数が低減することを意味し、図. 2 に示されている ϕ の負の値に対応するものである。

4. むすび

雪水混相流をビンガムモデル及び Shookモデルにより流動抵抗について若干の考察を試みたが、実験との詳しい対比を今後行う予定である。なお、除排雪施設としての流雪溝と流雪管とを併用する場合、雪水の円管内への押込方式や閉塞の解除等の諸問題について解決すべき研究課題があるが、これらについても研究を続行する必要があると考えている。本研究は、昭和62年度文部省科学研究費補助金一般 (C) (代表佐々木幹夫、課題番号62550382) により実施したものである。

- 1) 白樫ら：混相流シンポジウム実行委員会主催、講演資料 (第6回), 59~74 (1988)
- 2) 白樫ら：雪氷, 46 (4) 163~170及び171~178 (1984)
- 3) 益山ら：日鉱誌, 96 (1108) 385~389 (1980)
- 4) Shook, C. A. : The Can J. Chem. Engng., 63 (6) 861~869 (1985)

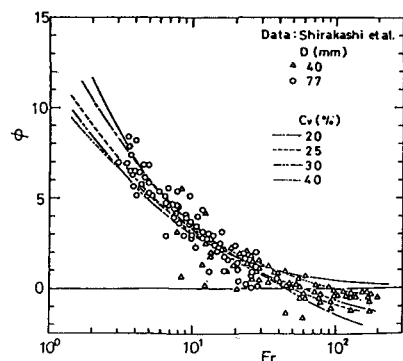


図. 2

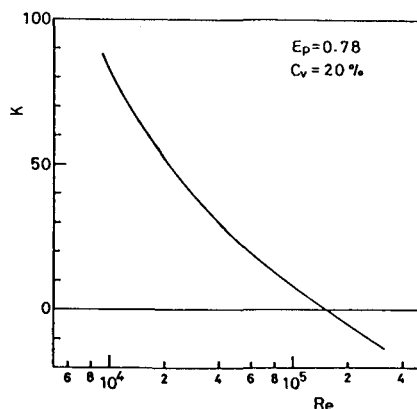


図. 3