

II - 67

円管内雪水二相流の流動モデル

東北大学工学部 正会員○高橋 弘

八戸工業大学 正会員 佐々木 幹夫

八戸工業大学 正会員 川島 俊夫

1. はじめに

豪雪都市での除排雪施設として流雪溝が注目されているが、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送する必要がある。著者らは第1報¹⁾において、円管内雪水二相流の流動に関し、二三の考察を試み、その結果を報告した。今回は、雪水二相流の流送を模擬するため、比重が雪氷粒子に近いポリスチレン粒子を用いて実験を行った。本報においては、特に圧力損失につき、二三の流動モデルにより考察を行った結果について報告する。

2. 実験結果および考察

2.1 実験装置

本実験に用いた装置の概略を図1に示した。混合槽中の粒子はポンプにより供試管に送られ、圧力損失の測定が行われた後、再び混合槽に戻るようになっている。圧力損失は逆U字型水-空気マノメータを用いて測定した。実験に用いた粒子は、2種類のポリスチレン粒子であり、比重および球等価直径は、それぞれ $S=0.86$ 、 $d_s=3.21\text{mm}$ および $S=1.04$ 、 $d_s=3.09\text{mm}$ である。

2.2 実験結果

1)ビンガム流体モデルによる解析

層流域とみなせる範囲内の流速および圧力損失のデータを用いて、降伏応力 τ_y および塑性粘度 μ_B を求め、この値を用いて圧力損失 $\Delta P/L$ を計算し、圧力損失係数 ϕ を次式より算出した。

$$\phi = \{(\Delta P/L) - (\Delta P/L)_w\} / (\Delta P/L)_w \cdot C_v \quad (1)$$

$$\Delta P/L = 32 \frac{V_m \cdot \mu_B}{D^2 \phi_B} = f \frac{\rho_w V_m^2}{2 \cdot D} \quad (2)$$

$$(\Delta P/L)_w = f_w \frac{\rho_w V_m^2}{2 \cdot D} \quad (3)$$

$$\phi_B = 1 - 4a/3 + a^4/3 \quad (4)$$

フルード数 Fr に対する圧力損失係数 ϕ の実験値と

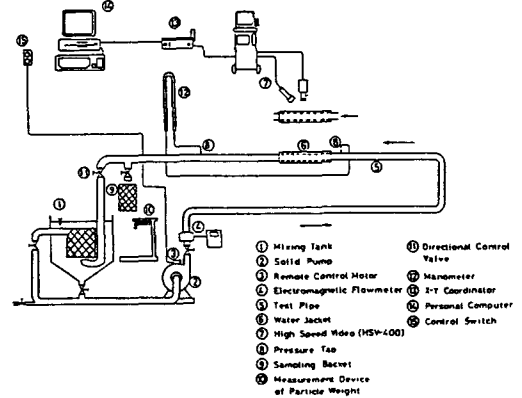


図1

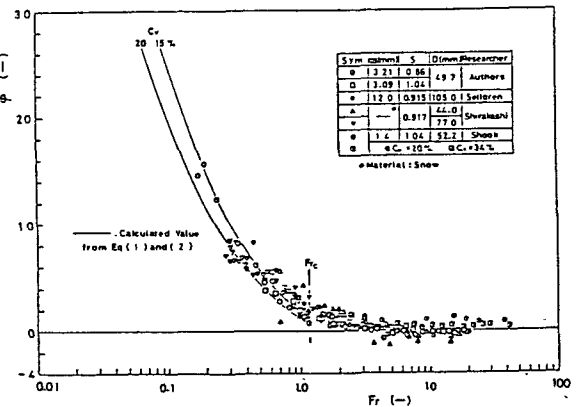


図2

計算値との比較を図2に示した。計算は層流域のみに限定されているが、この範囲内において両者はよい一致を示している。

2) Shookモデルによる解析

第1報において報告したように、Shookは管摩擦係数を与える式として、次式を提案している。

$$f = (1 - C_v) \cdot f_w + K \cdot C_v \cdot Re^{-0.5} \quad (5)$$

係数Kの値は未知であるため、実験値を用いてKの値を逆算し、次の実験式を得た。

$$K = 4 \times 10^8 Re^{-1.63} \quad Re \leq 70000 \quad (6)$$

$$K = 5 \quad Re > 70000 \quad (7)$$

前と同様、圧力損失係数 ϕ の実験値と計算値との比較を図3に示した。ただし、 $\Delta P/L$ の値は、(5)ないし(7)式を用いて(2)式より求めた。両者はFr数の範囲に関わらずよい一致を示している。

3) 摺動流モデルによる解析

本モデルは、流れを摺動層をとまなう二相流として取り扱うものであり、高橋らはその圧力損失を次式で与えている²⁾。

$$\Delta P/L = \{\tau_w \cdot P_w + \tau_s \cdot P_s + n_s \cdot f_s\} / A_w \quad (8)$$

なお、本モデルの詳細については、既に著者らにより報告されているので、計算の方法等については、ここでは省略する。(8)式を用いて圧力損失

係数 ϕ を(1)式より計算し、実験値と計算値との比較を図4に示した。ただし、本モデルより圧力損失を計算する場合、摺動層の速度の値を知る必要があるが、これについては平均流速の1/2であると仮定した。図4より実験値と計算値とは、1)および2)のモデルを用いた場合と同様に、よく一致していることが分かる。

3. むすび

ビンガム流体モデル、Shookモデルおよび摺動流モデルを用いて、ポリスチレン粒子-水二相流の圧力損失の解析を行った。現段階では、どのモデルが最適であるかを決定することはできない。流体および粒子の速度分布等により二相流の流動解析を進め、最適なモデルの確立に努めたい。なお、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。

参考文献

- 1) 川島ら：土木学会東北支部研究発表講演概要、109~110、1988
- 2) 高橋ら：日本鉱業会誌、103[1188]、101~107、1987

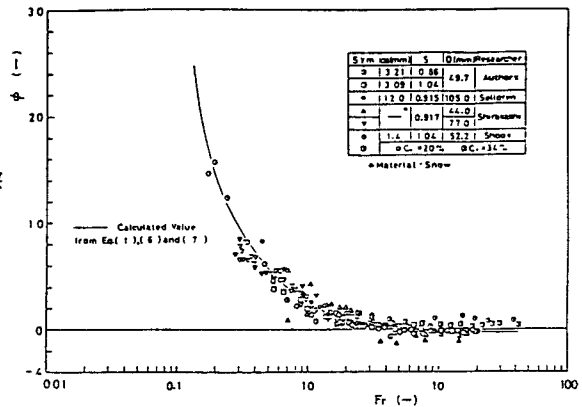


図3

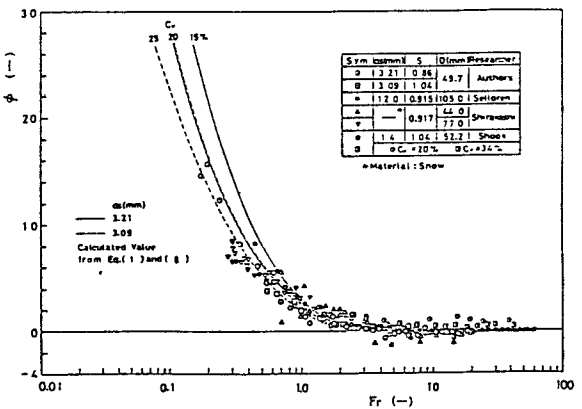


図4