

II-136

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

著者らは、これまでに管内雪水二相流について、ビンガム流体モデル、Shookモデル、摺動流モデルなどにより検討を行ってきた。しかしながら、これらのモデルでは、速度分布および圧力損失の両方を同時に満足し得なかった。よって、本報ではハーシェル・バルクレイ流体（以下、H・B流体と記す）を基に新たな流動モデルを提示し、速度分布および圧力損失について検討を行った。

2. 流動のモデル化

管内の雪水二相流を図1に示すようにモデル化する。B層は栓流部分であり、AおよびC層の流れをH・B流体の流れであると仮定する。ただし、レオロジー定数は異なる。なお、図中の一点鎖線を便宜上、流れの軸と呼ぶことにする。

今、流れの軸より上側の領域について考える。ずり速度とせん断応力との関係は次のように与えられる。

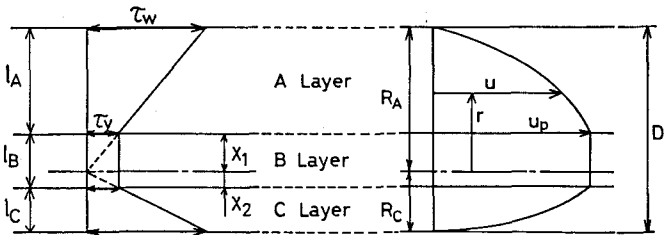


図1

$$\frac{du}{dt} = 0 \quad 0 \leq t \leq a \quad (1)$$

$$\frac{du}{dt} = -R_A \left(\frac{\tau - \tau_y}{\mu_{HB}} \right)^{1/n} \quad a \leq t \leq 1 \quad (2)$$

ただし、

$$t = r/R_A, \quad R_A = l_A + x_1 \quad (3)$$

$$a = \frac{\tau_y}{\tau_w} = \frac{x_1}{R_A} \quad (4)$$

$$x_1 = \frac{l_A}{l_A + l_C} l_B \quad (5)$$

流れの軸よりも下側の領域についても同様な式が得られる。(1)および(2)式を t について積分し、 $t=a$ にて $u=u_p$ （プラグ速度）および $t=1$ にて $u=0$ なる関係を用いると、管内の速度分布を表す式が得られ、これを用いることにより、平均流速および圧力損失を表す式が得られる。

流れの軸よりも上側の領域

$$\frac{u}{V_m} = \frac{1}{\phi_{HB}} \quad 0 \leq t \leq a \quad (6)$$

$$\frac{u}{V_m} = \frac{[(1-a)^{(n+1)/n} - (t-a)^{(n+1)/n}]}{(1-a)^{(n+1)/n} \cdot \phi_{HB}} \quad a \leq t \leq 1 \quad (7)$$

流れの軸よりも下側の領域

$$\frac{u}{V_m} = \frac{1}{\phi_{HB}} \quad 0 \leq t \leq a \quad (8)$$

$$\frac{u}{V_m} = \frac{[(1-a)^{(m+1)/m} - (t-a)^{(m+1)/m}]}{(1-a)^{(m+1)/m} \cdot \phi_{HB}} \quad a \leq t \leq 1 \quad (9)$$

ただし、

$$\phi_{HB} = \alpha \left\{ (1-a) \left[\frac{n+1}{2n+1} R_A^* + \frac{m+1}{2m+1} R_C^* \right] + I_B^* \right\} \quad (10)$$

$$V_m = U_p \cdot \phi_{HB} \quad (11)$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{4 \mu_{HB} V_m^n}{D \cdot R_A^n} \left(\frac{n+1}{n} \right)^n \frac{1}{\phi_{HB}^n} \quad (12)$$

(6)ないし(9)式より計算される速度分布の計算値と実測値との比較を図2に示した。ただし、 $m=1$ 、 $n=2$ とした。この場合、A層はダイラタント流体、C層はビンガム流体となる。図より、両者はよい一致を示していることが分かる。

また(12)式より圧力損失 $\Delta P/L$ を計算し、次式より圧力損失係数 ϕ を求め、 ϕ の計算値と実験値との比較を図3に示した。

$$\phi = \frac{(\Delta P/L) - (\Delta P/L)_w}{(\Delta P/L)_w \cdot C_v} \quad (13)$$

図中の▲印が、著者らの雪の流送実験による実験結果を示している。両者はほぼ一致しており、それゆえ、本モデルは速度分布および圧力損失を同時にほぼ満足し得る妥当なものであると考えられる。

4. むすび

管内の雪水二相流の流動について、H・B流体を基に新たな流動モデルを提案し、速度分布および圧力損失について、実験値と計算値との比較を行い、モデルの妥当性を確認した。なお今後、粘度、レオロジー定数といった物性値と平均流速との関係について詳細な検討を行う必要がある。

なお本研究の一部は、文部省科学研究費（一般研究(C)、課題番号62550382、代表：佐々木幹夫）により遂行されたことを付記し、謝意を表する。

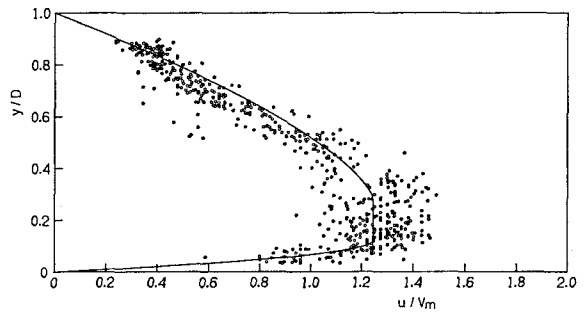


図2

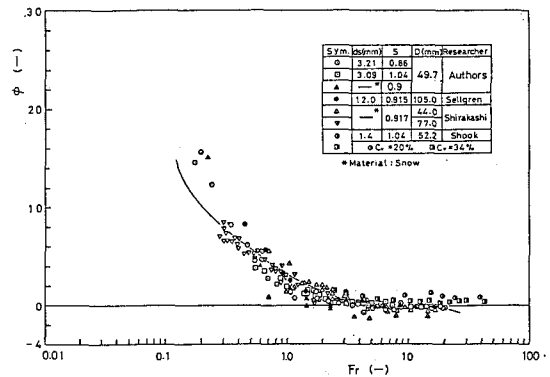


図3