

II-69

流雪溝に関する研究 —— ポリスチレン粒子を用いた流動実験 ——

八戸工業大学 学生員○菅原 俊哉 正 員 川島 俊夫
正 員 佐々木幹夫 学生員 田沢 隆
東北大学 正 員 高橋 弘

1. はじめに

流雪溝の末端に管水路を用いた除排雪システムに関する研究の一環として、管水路内二相流の流動観測を雪の代わりにポリスチレン粒子を用いて行ってみた。本報告では、主として内部の流動状態をビデオ撮影により調べてみた結果について報告する。実験装置および実験方法は本発表会の「円管内雪水二相流の流動モデル」高橋ほかで述べられているので、ここではその説明は省略する。

2. 実験条件

ビデオ撮影の場合の実験条件を表1（比重 $S = 0.86$ の場合のみ）に示したが、観測は修正フルード数 $Fr_m = v^2 / \{gd(1-S)\}$ が3～134の間をその対数値が均等な間隔になるような条件で、また、流速は0.45～3.04 m/s、ポリスチレン粒子の混合割合は吐出体積濃度 C_v で、 $C_v = 10\% \sim 20\%$ の間で行った。表1において、 i は動水勾配（＝圧力損失）、 i_w は $C_v = 0$ のときの動水勾配、 ϕ' は $\phi' = (i - i_w) / i_w$ で、二相流れのエネルギー損失量の相対的な大きさを示しており、 ϕ は $\phi = \phi' / C_v$ で定義されている圧力損失係数である。

3. 観測結果

流動観測はすべて乱流域（清水時）で行われているが、低速域では混合粒子が上層を流下し、現象的には成層二相流の状態といえ、流速が次第に増加するとともに、混合粒子が管の断面内全体に広がって流下するようになる。写真1および2にこれらの流動状況を示した。Fig. 1に断面内の速度分布を図示したが、ポリスチレン粒子の各層内（20分割）の平均値と水粒子速度を比較すると良く一致しており（Run V01, V02、図示は省略）、これらの平均値は二相流の速度分布を表わしているものと解釈される。Fig. 1および写真1, 2より、平均流速が小さいと上層に混合粒子層が形成されるために、流速の欠損が大きくなり、一方、高速域になると、混合粒子は全体に広がるために、管中心に対称な分布形が形成されるようになっていることがわかる。ポリスチレン粒子の動きをさらに追ってみると、低速域で形成されるmoving bed内の個体粒子は回転しながら流下しており、層の境目になるほど個体粒子は相対的に激しく動く（回転）ようになっていることがビデオ観測によりわかった。Fig. 2はビンガム流動の速度分布と本実験で得られた低速域の固体粒子速度を比較したもので、上層の欠速度により、ビンガム流動の速度分布からはずれていることが理解される。しかし、高速域になると栓流域が広がるので、ビンガム流動の速度分布でも説明が可能となる。Fig. 3は ϕ' と Fr_m^2 との関係を示したもので、高速域になるとエネルギー損失は相対的に小さくなっているが（ ϕ' が負の値）、これは個体粒子の管断面全体への拡散により、水粒子の渦運動が制限されてくるために、結果的に ϕ' が負になったものと言える。雪塊混入の場合も同様になるものとするれば、高速で流す方が安全である。 ϕ' が負となる境界の値（レイノルズ数）は益山・川島(1977)のビンガム流体の臨界値に近いが、速度分布はビンガム流体のそれではない。すなわち、臨界値より小さい領域がビンガム流動となるが、前述のように速度分布はビンガム流動とは異なる。

4. おわりに

ポリスチレン粒子を用いて二相流の流動をビデオ観測してみた、画像解析により二相流の速度分布が得られた。低速域では上部に個体粒子の層（moving bed）ができ、これによる減速の割合は流速が小さいほど大きくなる。

表1 実験条件 (S=0.86の場合)

Run No.	V_m (m/s)	τ	Re ($V_m d / \nu$) $\times 10^4$	Prm ($V_m^2 / (gD(1-\alpha)) \times 10^3$)	Q (l/s) ($\pi/4 D^2 V_m$)	C_v Q_s / Q	i $dp/(r \omega) / L$	i_w $\lambda_w (V_m^2 / 2g) (1/D)$	ϕ' $(1-1_w) / 1_w$	ϕ $(1-1_w) / 1_w C_v$
V 001	1.033	21.0	5.19	15.65	2.004	0.173	0.025	0.023	0.087	0.503
V 002	0.638	21.2	3.22	5.97	1.238	0.139	0.015	0.010	0.500	3.597
V 003	0.449	21.3	2.27	2.96	0.871	0.142	0.011	0.005	1.200	8.451
V 004	1.377	21.4	6.98	27.81	2.671	0.196	0.038	0.037	0.027	0.138
V 005	1.721	21.6	8.76	43.44	3.339	0.180	0.055	0.055	0.000	0.000
V 006	2.064	21.9	10.58	62.48	4.004	0.169	0.074	0.079	-0.063	-0.374
V 007	2.597	22.1	13.38	98.91	5.038	0.146	0.110	0.118	-0.068	-0.464
V 008	3.027	22.4	15.70	134.37	5.872	0.134	0.147	0.150	-0.020	-0.149
V 009	0.861	22.7	4.50	10.87	1.607	0.193	0.020	0.017	0.176	0.914

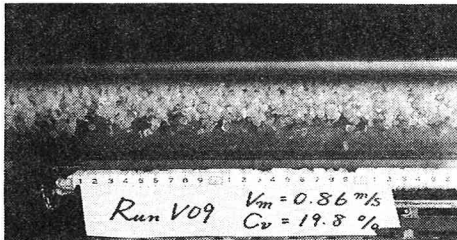


写真1 低速域の流動

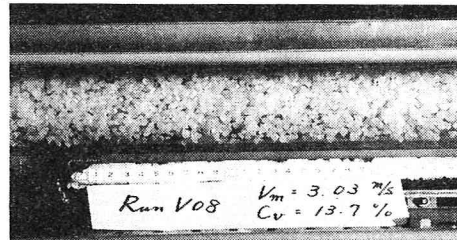


写真2 高速域の流動

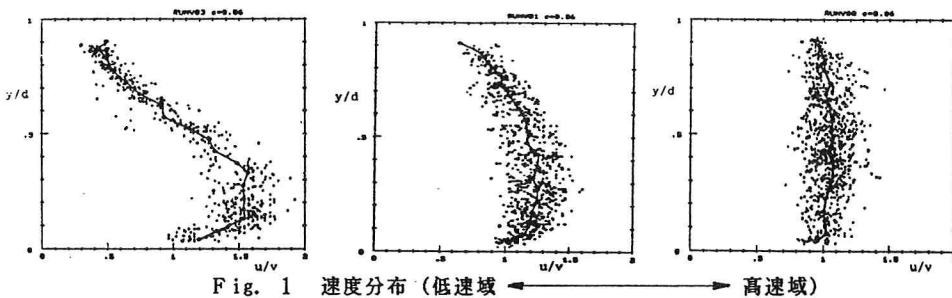


Fig. 1 速度分布 (低速域 ← 高速域)

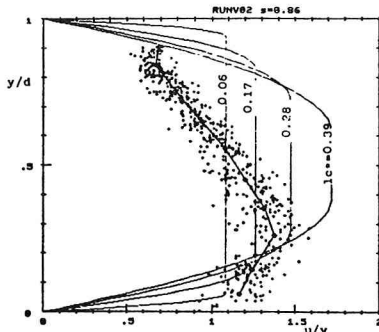


Fig. 2 ビンガムモデルの検討

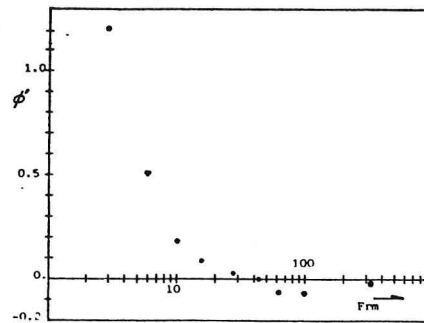


Fig. 3 二相流のエネルギー損失