

II - 1

固液混相流鉛直管の観測

八戸工業大学 学生員○工藤 丈 古館 正行
正会員 川島 俊夫 佐々木幹夫
東北大学工学部 正会員 高橋 弘

1. 研究の目的

流雪溝による除排雪システムに関する研究の一環として、固液混相流鉛直管内の流動観測を行った。本研究では管径49.7mmと比重 $S=0.96, 1.04$ の固体粒子（ポリスチレン）を用いて固体粒子物性値、固体粒子速度分布を明らかにする。比重が1に近い固体を用いているのは、比重1.04の粒子は雪塊に砂塵が混じった場合比重0.96は湿润状態の雪塊比重に対応させているからである。これまでは水平管を用いて実験を行っていたが、輸送管は必ずしも水平な場所にはないので、今回の実験は鉛直管を用いてどのような流動現象の違いがあるかを明らかにすることを目的とする。

2. 観測方法

本実験は94年 8月29～31日、12月 5～10日、東北大学工学部資源工学科にて行った。実験装置は管径49.7mmの鉛直管を使用し、上昇流・下降流の観測を行った。使用した粒子の比重は $S=0.96, 1.04$ の2種類である。方法および装置はこれまでと同じなので省略する。

3. 結果

3. 1 混相流の物性値

Fig. 1. 2 は、縦軸に管壁面摩擦係数 f 、横軸にレイノルズ数 $Re (= VmD)/\nu_w$ 、 Vm 平均流速、 D 管径、 ν_w 水の動粘性係数) を取り、下降流は●印、上昇流は□印で示されている。

Fig. 1 は、水より軽い粒子 ($S=0.96$) の場合の f を示したものである。下降流では粒子が水より軽いので f が清水流 ($Cv=0$) の f_w よりも全般的に大きくなり、上昇流の場合には f_w より小さい値となる傾向があることが図より言える。また、図より、 Re が小さい場合は上昇流・下降流ともにばらつきが大きい、 Re が大きくなるにつれて f_w にほぼ近い値となることがわかる。

Fig. 2 は、水より重い固体粒子の場合の f を示したものである。Fig. 1 の結果から判断すると、本来ならば、水より重い粒子 ($S=1.04$) の固体粒子の場合であるから上昇流では f_w より大きい f がでてても良いことになる。しかし、今回の実験ではそのような現象は見られない。この原因としては管内に粒子が適度に散らばっており、渦粘性の乱れを抑制していると考えられる。Fig. 1 と同様に、図より Re が大きい場合には、上昇流・下降流ともに清水流 ($Cv=0$) の f_w に近い値となった。

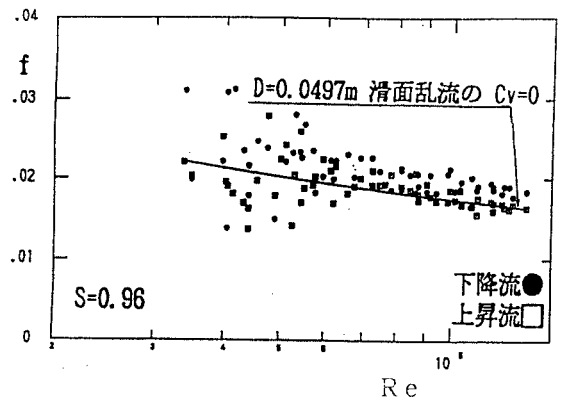


Fig. 1 管壁面摩擦係数 f と Re

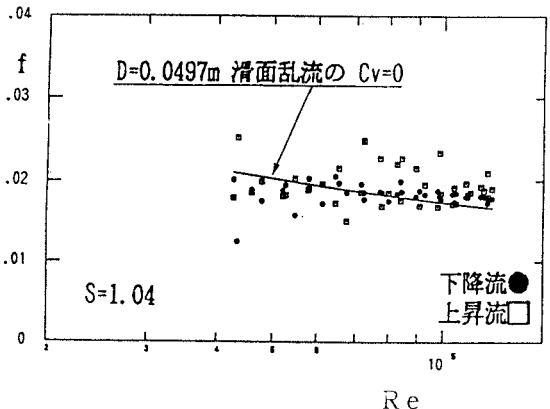


Fig. 2 管壁面摩擦係数 f と Re

3. 2 混相流の固体粒子速度

Fig. 3, 4 は一例として、水より重い粒子の混じった混相流における固体粒子速度の測定結果を示したもので、平均値 $\bar{u}_{sm}$ は管断面を 10 分割したときのそれぞれの分割断面内における平均値、 $\bar{u}_w$ は清水流の値である。Fig. 3 は、平均流速 $V_m = 1.0$ m/s と低速域における下降流を示したものであり、 $\bar{u}_{sm}$ は $\bar{u}_w$ より小さい分布となっている。Fig. 4 は平均流速 $V_m = 2.320$ m/s と高速域における下降流を示したものであり、 $\bar{u}_{sm}$ は $\bar{u}_w$ の分布に近くなっている。全般的に見ると高速域では、比重、上昇流・下降流に関係なく $\bar{u}_{sm}$ の分布形は $\bar{u}_w$ に近い値となる。

3. 3 混相流のスリップ速度

Fig. 5 は、横軸に平均流速 V_m 、縦軸にスリップ速度 $U_d = \bar{u}_w - \bar{u}_{sm}$ を取り、水より軽い粒子 ($S = 0.96$) 下降流は○印、上昇流は□印で、水より重い粒子 ($S = 1.04$) 下降流は△印、上昇流は◇印で示したものである。ここに、 $\bar{u}_w$ および $\bar{u}_{sm}$ は管断面全体にわたる平均値である。このスリップ速度 U_d は水粒子平均速度 $\bar{u}_w$ と固体粒子平均速度 $\bar{u}_{sm}$ の速度差であり、負の値は水粒子速度よりも固体粒子速度の方が大きいことを意味している。この Fig. 5 から上昇流・下降流だけで比較すると、下降では固体粒子の方が速く、上昇では水粒子の方が速くなったり、固体粒子の方が速くなったりとばらつきがある。また、比重だけで比較すると、水より軽い粒子 ($S = 0.96$) の混相流では水粒子と固体粒子の速度差が大きく出た。本来であれば浮上速度や沈降速度の影響は、微弱であると考えられが矛盾した結果となった。もし、これが本当の現象だとするならば、比重が 1 に近い混相流の鉛直方向の流動現象は水平方向の流れと異なって、浮力や重力の影響を受けないといえる。この点についてはさらに検討をしていく必要がある。

4. 結論

以上により、固液混相流の鉛直流を観測した結果、高速域ではエネルギー損失が比重、上昇流・下降流に関係なく清水流 ($C_v = 0$) に近い値となる。また、スリップ速度は、水平管では負の値がなかったが鉛直管では負の値 (水粒子よりも固体粒子が速い) が観測された。

今回の観測では、初めて鉛直管を用いて実験を行ったのでまだ不明な点が多いので、それらを明らかにするのが今後の課題といえる。

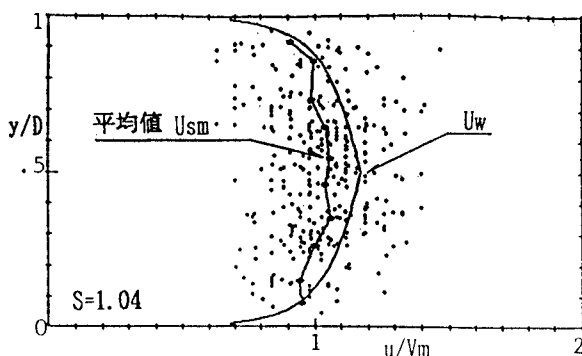


Fig. 3 固体粒子速度 下降流 (低速域)

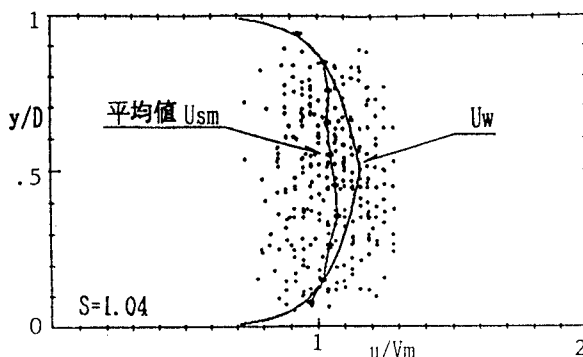


Fig. 4 固体粒子速度 下降流 (高速域)

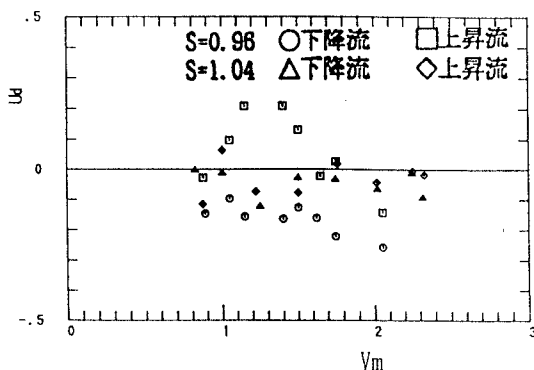


Fig. 5 スリップ速度 U_d と V_m