

八戸工業大学 学生員 〇田島 久和 鍵谷 尚 豊浦 和明
 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

比重が1に近い固体粒子と水との混相流についての研究は川島等の一連の研究によって解明されている。しかし、これまでの研究では比重が1前後の単一比重粒子を用いた流動現象の観測であり、比重の異なる固体粒子を混ぜ合わせた混相流に関する観測はない。本研究では比重 $\sigma = 1.04$ と 0.97 の2つの固体（ポリスチレン）粒子を同時に用いて、管内混相流の流動現象の観測をしている。比重が1に近い固体を用いているのは、本研究を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行っているからであり、比重 1.04 の粒子は雪塊に砂塵が混じった場合、比重 0.97 は湿潤状態の雪塊比重に対応させている。

2. 観測方法

本実験は91年 8月26～28日、東北大学工学部資源工学科にて行った。実験装置および方法はこれまでと同じなので省略する。ただ、本年度は、二つの異なる比重粒子を用いているので、吐出体積濃度の測定だけがこれまでと異なる。固体粒子は管内から水を入れた容器に移し、水より軽い粒子と重い粒子とを分離し、それぞれの C_v 、並びに混相流の C_m を算定している。実験は二つの粒子群を混ぜ合わせる前に、それぞれ単独にこれまでと同じように単一の粒子についての実験を行った。

3. 結果

3. 1 混相流のエネルギー損失

Fig. 1は縦軸に単位長さ当たりのエネルギー損失水頭=動水勾配 i 、ここに、 $i = h_f / \Delta L$ 、横軸に $Fr^2 = v^2 / (gd)$ を取っている。ここに、 h_f は、密度 ρ_m の混相流体の単位重量当たりのエネルギー損失水頭で、実験では水平管内2点間の圧力差 ΔP を求めているのでこれより、 $h_f = \Delta P / \rho_m g$ としたものである。図には対数座標で傾き1の直線を描いたが、 Fr^2 が2以上の場合にはこの直線より上側へ離れる（ i が大きくなる）。 i が直線上にある場合にはエネルギー損失が運動エネルギーに比例して大きくなることを意味している。しかし、直線より i が離れる場合には単位長さ当たりのエネルギー損失が運動エネルギーに比例するように壁面抵抗係数を表すことには無理があることになる。すなわち、管壁面摩擦係数 f は Fr^2 が2より小さい領域では Fr^2 の関数となる（これは f の定義に反する現象となる

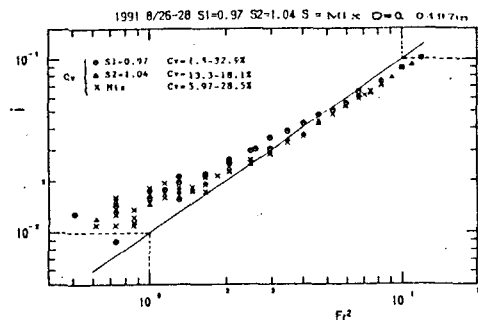


Fig. 1 混相流のエネルギー損失水頭

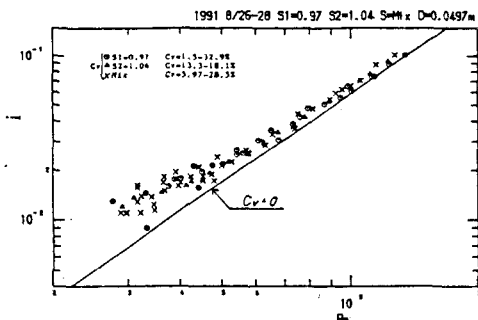


Fig. 2 動水勾配 i と Re の関係

）。Fig. 2 は混相流のエネルギー損失量をRe数で表したもので、縦軸に動水勾配 $i = (\Delta P/L) / \rho_m g$ を取っている。図には $C_v = 0$ すなわち、水だけの場合の i を滑面乱流で計算した値を実線で示した。図より混相流の方がRe数が小さくなるとエネルギー損失量が大きくなる。混合した場合が×印でプロットされているが、単一比重粒子との明らかな違いは今回の実験ではみられない。

Fig. 3 は管壁面摩擦係数 f を従来どおり $i = f \cdot Fr^2 / 2$ で定義して計算したもので、 f はRe数が小さくなると水流の場合よりも大きくなることが図に示されている。比重0.97の単一粒子の混相流の場合が全体的に大きい f となっているが、この原因については不明である。図より、比重が異なる固体の混じった混相流の場合も単一比重粒子の混相流と同じ f で良いことがわかる。低速域では水流の f の倍程になるので、低速で固体を輸送する場合には注意を要することになる。

3. 2 混相流の固体粒子速度

Fig. 4.5 は固体粒子速度を測定した結果で、Fig. 4 は低速域、Fig. 5 は高速域の流動現象である。図の縦軸の x, z は管の中心を通る水平および鉛直座標であり、 d は管径である。Fig. 4 および 5 の上段が管の上から捕らえた固体粒子速度で、下段の図が横からビデオ撮影により得られた速度である。Fig. 4 (b) の鉛直分布より、水より軽い粒子は上層に浮遊集積し、重い粒子は低層に沈降集積するために、上下両端で速度が大きく落ちており、これが低速域でエネルギー損失を増大させる要因となっている。Fig. 4 (a) の水平分布をみると中央部が大きく欠速しており、(b) 図上端の速度に対応していることがわかる。平均流速が大きくなると上下両端への集積がなくなり、管断面全体へ粒子が広がり流下していく。Fig. 5 より、低速域でみられるような速度分布の歪みはなくなる。全般的に、水流の速度よりは低めになるが、それに近い分布となる。高速域になると水流のエネルギー損失と同じ程度になるのはこのような速度分布となっているためである。

4. 結論

本研究により、比重の異なる固体粒子群の混相流のエネルギー損失特性と固体粒子速度の分布形が明らかとなった。

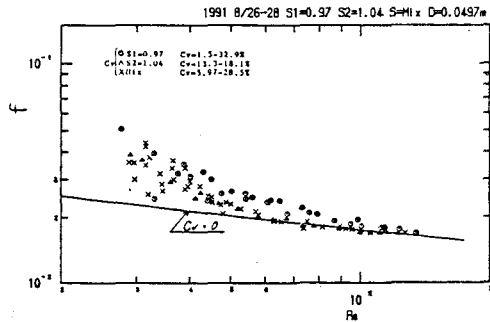


Fig. 3 管壁面摩擦係数 f と Re

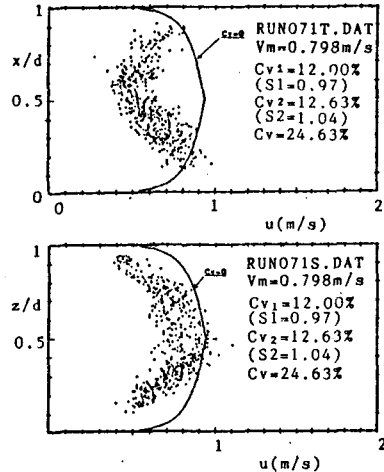


Fig. 4 固体粒子速度 (a) 水平分布 (b) 鉛直分布

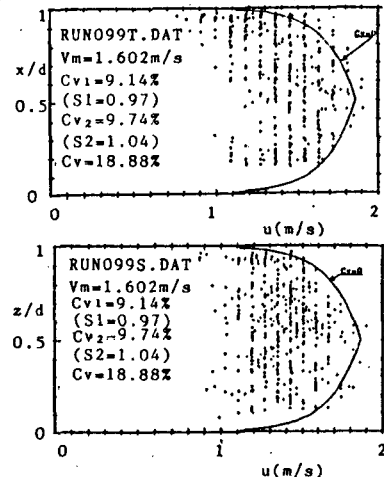


Fig. 5 固体粒子速度 (a) 水平分布 (b) 鉛直分布