

粒子を含有する高粘性流体の流動について

名城大学大学院 学生会員 ○尾国 紀章
 名城大学理工学部 正会員 新井 宗之
 名城大学大学院 学生会員 富田 力

1.はじめに

液体中に浮遊する固体粒子を高濃度に含む固液混相流がせん断を受けた場合の流動構造は、固体粒子の拡散が見かけの粘性係数や拡散係数に影響することが報告されている^{1),2)}。その報告での実験では水と同じオーダーの粘度の流体で、粘性が卓越するような領域の実験である。また、せん断を受ける垂直方向の長さスケールを固有な値として仮定し、拡散の関数であろうとしているが、あまり明きらかになっていない。ところで、中国の蒋家溝で観測される粘性土石流と呼ばれている微細粒子と粗粒子を容積濃度 70%程度含む高濃度の流れがある。この固体粒子の中で粘土粒子程度の粒子は水と一体になって一種の高粘性スラリーに化すものと見なすことができる。このような流れの中での粒子拡散がどのようなのかを明らかにするため、高粘性流体に粒子を含有した流れでの拡散について実験的に検討した。

2.実験条件、実験方法

実験水路は図-1 に示すように、長さ 2.07m、幅 10cm、深さ 9.6cm の透明アクリル製のもので、水路上端より粒子と高粘性の流体とを攪拌した後、水路に供給した。実験に用いた液体は、高分子増粘剤(東亜合成製、T-40)で温度 20℃において約 $1.2 \times 10^3 \text{cps}(\text{mPa} \cdot \text{s})$ の粘度があり(図-2)、通常の水の約 10^3 倍程度である。また比重は温度 20℃で約 1.32 である。また、含有した粒子は軽石で代表粒径 $d=0.84\text{mm}$ である。流れの中に約 3~5%程度含有している。液体は水で 5%~90%の割合で希釈して用い、粘度を変化させて実験に用いている。この流速の測定は、水路下流端直上流約 10cm の位置で行った。

3.実験結果及び考察

水路下流端での流量ハイドログラフは、図-3 のようである。なお、70%,90%の希釈液については約 1 秒間のハイドログラフを示す。希釈割合の少ない高粘度の

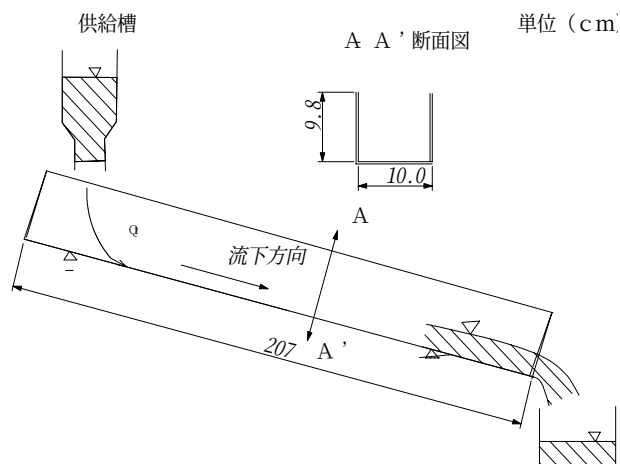


図-1 実験水路

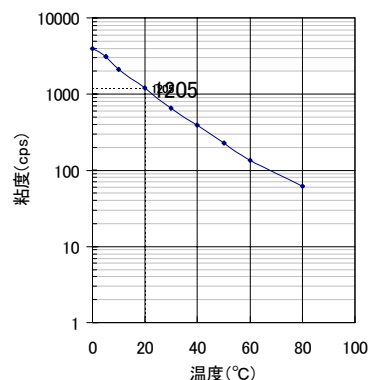


図-2 流体 (T-40) の粘度

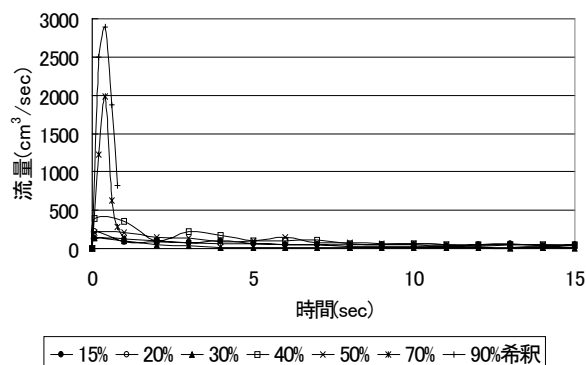


図-3 水路下流端 ハイドログラフ

キーワード 土石流, 粘性土石流, 慣性項/粘性項, 高粘性流体, 粒子拡散

連絡先(住所;愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501, TEL;052-832-1151(520), fax;052-832-1178)

液体での流動は、ハイドログラフから比較的定常的な流れの部分があるが、希釈割合の高い（70%、90%）流体は、流量が短時間で変動し、定常的とはみなしがたい。

ここで、図-4 は実験結果の一例で希釈割合 40%で流れの先端から 2 秒後の流体中の粒子の移動軌跡を示した図である。図中の実線および、実線上のマークは、 $\Delta t=1/30(\text{sec})$ 毎の移動軌跡である。図-5 は、粘度が低い場合で希釈割合 90%の先端から 0.4 秒後の粒子軌跡の図である。瞬間間隔は $\Delta t=1/500(\text{sec})$ 毎である。図-6 は、粒子の平均移動速度を移動座標とした粒子の相対移動軌跡を示したもので、横軸は相対移動距離を示したものである。ただし値のプロットについては、流れ方向にシフトした値で示している。図中の黒丸、白丸は、希釈割合 40%、90%の実験結果のもので、それぞれ液体の粘度が高い場合、低い場合の例である。図-7 は液体の希釈割合と粒子の拡散幅を示した図である。希釈割合の小さい値ほど粘度が高く、希釈割合が大きい程粘度が低く、20%で水の約 10^2 倍程度、90%で水の $10^0 \sim 10^1$ 倍程度の粘度である。粘度は温度で大きく変化するが、この実験では正確な値は測られてない。この図から、希釈割合の高い 90%では、粒子の拡散幅が大きな値となっている。高粘性液の希釈割合が、40%程度の流れでは、代表長さ(L)に水深、代表速度に平均流速(U)を用いると慣性力と粘性力の比のレイノルズ数は $Re \approx 1$ 程度であり、粒子の拡散幅も非常に小さい値をなっている。希釈割合が 90%程度の割合には、流速を速く、粘度も小さくなり、レイノルズ数は $Re \approx 100$ 程度である。この場合に、粒子の拡散幅は水深の 2 割程度になり、大きくなっている。これは、粘性力に比して慣性項が大きくなると、高粘性の液体中であっても粒子拡散が無視できなくなるものと思われるが、さらに高レイノルズ数での粒子挙動を検討する必要がある。

参考文献

- 1) David leighton, Amdens Acribos; The shear-induced migration of particles in concentrated suspensions, J. Fluid Mech. vol. 181, pp. 415-439, 1987
- 2) Ronald J. Phillips, Robert C. Armstrong, Robert A. Brown; A constitutive equation for Concentrated suspensions that accounts for shear-induced particles migration, phys. fluids A, vol. 1, 1992, pp. 30-40

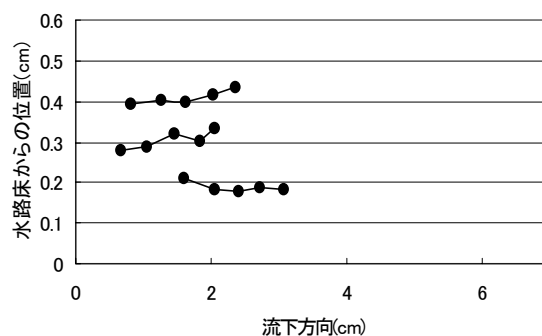


図-4 希釈割合 40%, 先端から 2 秒後の粒子軌跡

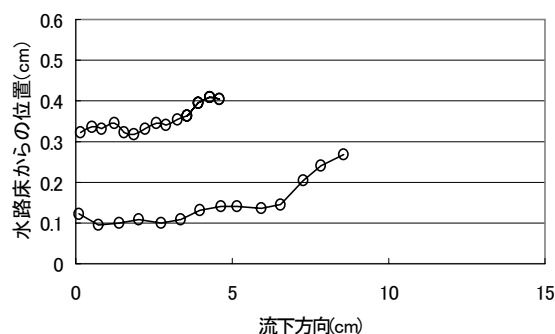


図-5 希釈割合 90%, 先端から 0.4 秒後の粒子軌跡

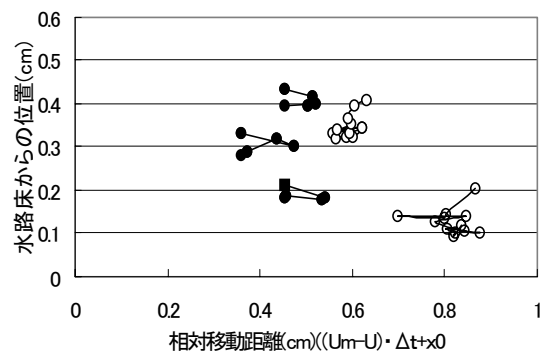


図-6 粒子の相対移動距離

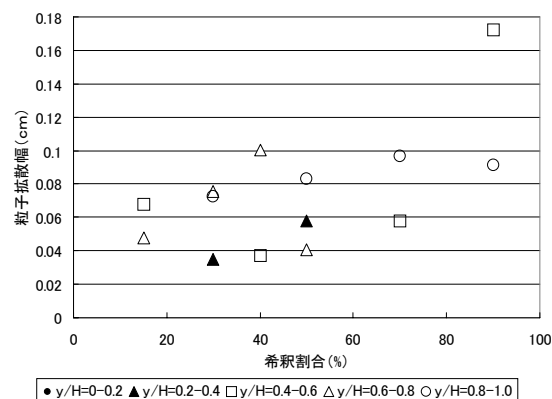


図-7 粒子の拡散