

粒子を含有する高粘性流の流動特性に関する実験的研究

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
名城大学理工学部 富田 力

1. はじめに

中国雲南省の小江支流の蒋家溝で観測される粘性土石流と呼ばれる土石流の特徴は間欠的であり、また容積濃度が70%程度もあるという極めて高濃度な流れであるが3°~5°という緩勾配を流下するという点にある。これはわが国で主として研究がなされてきた土石流とは異なっている。この粘性土石流のサージの流動は慣性項と粘性項との比の大きさによってその流動を変えながら、流動しているということが明らかになってきたが¹⁾、その応力構造がどのようなものであるか、

まだ十分に明らかでない。そこで本研究では、実際の粘性土石流の構成材料の分析から、微細粒子と水の混合は一種の高粘性スラリーとしての流体の役割をはたし、それに粗粒子が含有する流れであるとして、高粘性の流体に粒子を含有させた流れの構造について、実験的に検討した。

2. 実験水路、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、水路上流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。この流速の測定は、水路下流端直上流で行った。実験に用いた流体は、高分子剤（東亜合成製、T-40）で温度約20℃で約 $1.2 \times 10^3 \text{ cps (mPa} \cdot \text{s)}$ の粘性があり（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、含有した粒子は比重0.96、代表粒径 $d = 0.84 \text{ mm}$ で流体のトレーサーとして用いている。流体は水で少し希釈して用い粘性を少し下げて用いている。流体中の粒子の動きや水深はデジタルビデオカメラ(30 フレーム/秒)を用いて撮影し、測定に供した。

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。流量は時間とともに減少するがある時間に流量が急激に減少し、それを繰り返して減少する現象となっている。これに、中国蒋家溝で観測された粘性土石流の観測結果^{1), 2)}からも類似な傾向のあることがみとめられ、この高粘性の流体で粘性土石流の流れの構造を検討

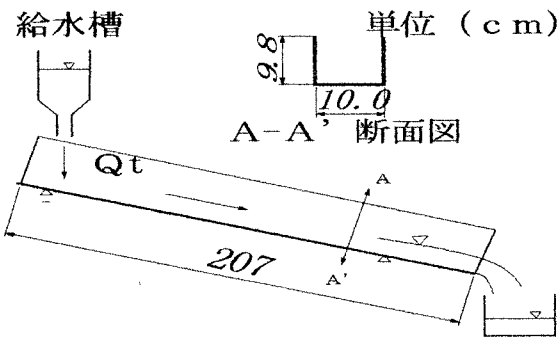


図-1 実験水路

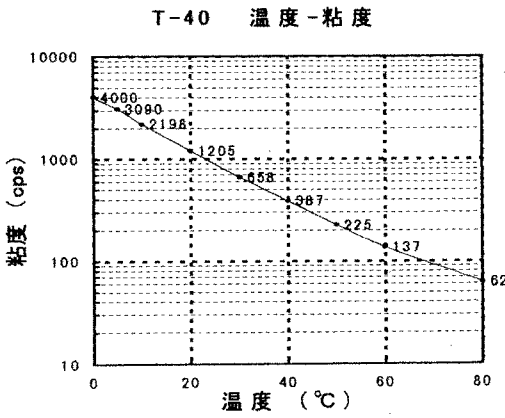


図-2 液体の粘度

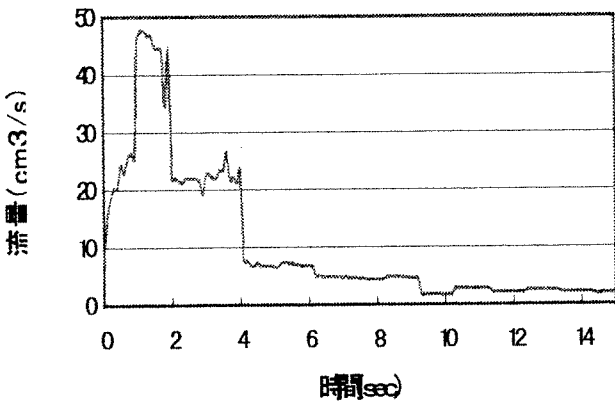


図-3 流量 (ハイドログラフ)

することの意味があるものと考えられる。

図-4 は先端から約2秒後の流体中の粒子の軌跡及び相対移動を示した図である。図中の破線及び破線上のマークは粒子の $\Delta t = 1/30\text{sec}$ ごとの移動軌跡であり、そのマークから伸ばされた実線及びマークはその粒子の平均移動距離からの相対移動位置を示したものである。図-5 は各粒子の図4の粒子の平均移動速度からその移動座標からの相対移動を示したものである。

図-6、図-7は、流れの先端から約14秒後の粒子軌跡及び粒子の平均移動速度の移動座標系からの粒子の移動軌跡を示している。

以上の結果によると、流れの先端部に近い先端から2秒後の流れの中では、含有中の粒子が相対水深で2割程度の変動を示す部分もあり、混合の効果もあることがみとめられるが、慣性力との粘性力の比は $Re = 10$ 程度であり、粘性力が卓越しているものと考えられる。先端から14秒後程度では、図-6、7の粒子移動軌跡から粒子の水深方向の変動はわずかであり、粘性項が卓越した流れであることが示されている。これらのことより、粘性土石流のように粘土粒子程度の粒子が水と混合し高粘性の間隙流体として運動する場合に慣性項が小さい流れでは、含有中の粒子の運動は水深方向に変動するもののその擾乱は抑制され層流状に流動するものと考えられる。

参考文献

- 1) 新井 宗之、劉 雪蘭、高橋 保；粘性土石流の表面流速解析による流動機構の考察、水工学論文集、第44巻、2000、2、pp.693-698.
- 2) Muneyuki Arai: Image analysis for the measurement of debris flow velocity, Japan-China Joint Research On The Mechanism And The Countermeasures For The Viscous Debris Flow, 1999, pp.56-63.

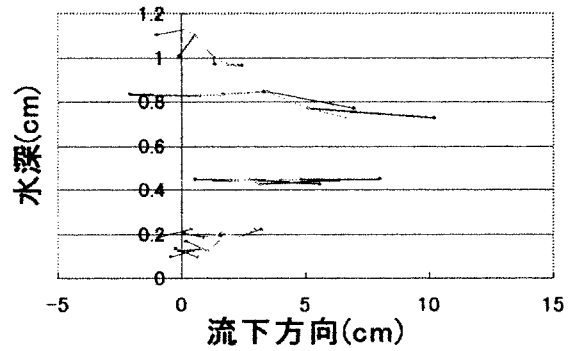


図-4 2秒後の粒子軌跡

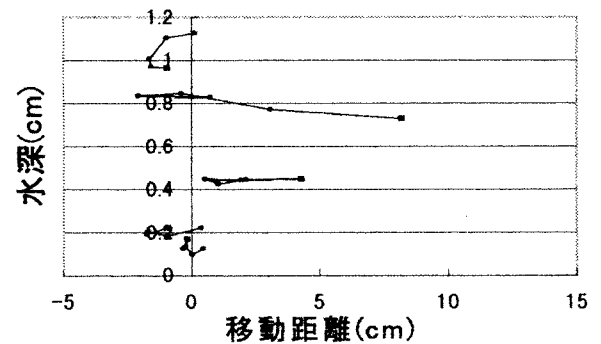


図-5 2秒後の $(U-U_m)\Delta t$

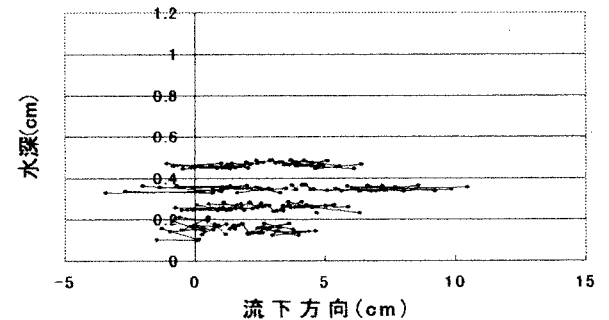


図-6 14秒後の粒子軌跡

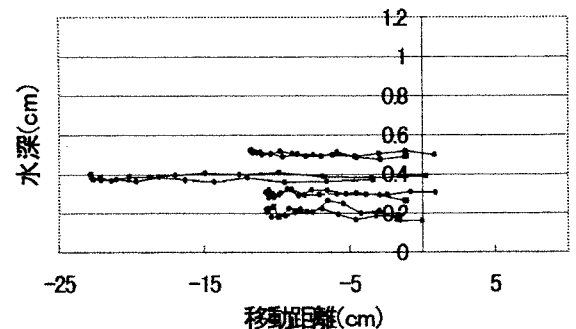


図-7 14秒後の $(U-U_m)\Delta t$