

49 掃流状集合流動の運動機構に関する実験的研究

アジア航測(株)

○ 北原 一平 佐口 治

建設省土木研究所

石川 芳治 前田 昭浩

建設省近畿地方建設局

草野 慎一

(財)砂防・地すべり技術センター

宮本 邦明

はじめに

最近、山地河川を対象にした氾濫シミュレーションや河床変動計算において、掃流状集合流動を扱う機会が増加し、掃流状集合流動の抵抗則や流砂量式に関する研究の必要性が高まっている。

掃流状集合流動は、図1に示すように水流層と砂礫移動層からなる。砂礫移動層は両層のinterfaceに作用する剪断力と砂礫層内部に働くbody forceの2つの外力を駆動力として流動している。江頭ら¹⁾は掃流層内部の抵抗則が土石流の抵抗則と本質的に変わらないものとして、この2つの外力の関係を河床における応力の釣合から求め、砂礫層における流速分布、流砂量を評価している。しかし、流れ全体の抵抗則を評価するためには水流層の抵抗則が問題であり、水流層はinterface近傍の流れの影響を受けているため、interface近傍の流れの構造を議論することが必要となってくる²⁾。本研究ではこれらの課題を踏まえ、2次元模型水路実験によって掃流状集合流動の流動機構を解明するための基礎資料を得ることを目的とする。初年度は路床の境界条件を簡単にするため、滑面水路で定常の固定床実験とした。

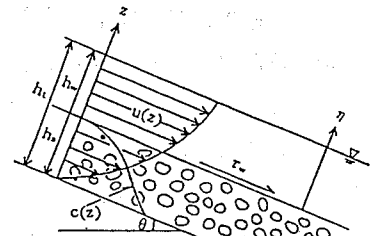


図1 掃流状集合流動の模式図

1. 実験方法

実験装置に用いた水路は水路幅10cm、高さ50cmの変勾配水路である。給砂材料は平均粒径3.0mmの単一粒径の軽量骨材である。水路床には滑らかなラワン材を使用した。実験はポンプによって一定量の水を流しながら一定量の給砂を行い、ピトー管の動圧側と静圧側それぞれに接続した差圧計によって水深方向に静圧および動圧を計測した。また、流況観察のためにビデオ撮影を行い、粒子速度を計測した。実験は、勾配3種類(1/40, 1/30, 1/20)、流量3種類(3, 6, 12 l/s)、給砂量2種類の17ケースである。給砂量は水路床に土砂が堆積する限界付近の量を1種類とし、もう1種類は、それよりも少なく、かつ流動砂層が肉眼で観察できる限界程度の量とした。水深方向の濃度分布については、勾配3種類に対し、流量12 l/s、給砂量が多い方の条件で計測した。

2. 砂礫移動層の厚さ

ビデオ映像から砂礫移動層と水流層のinterfaceの高さ h_s (砂礫移動層厚)を計測した。実験で得られた勾配と砂礫移動層の関係を図2に示す。図2には参考のため、江頭らの砂礫移動層厚と勾配の関係式も示している。砂礫移動層厚の各勾配毎のばらつきは給砂濃度を反映している。実験は固定床滑面で行っているため、各勾配の最大の砂礫移

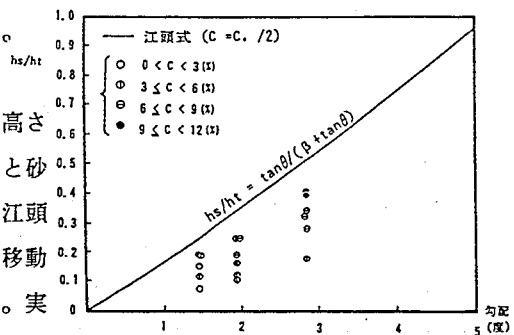


図2 h_s/h_t 分布図

動層厚は、移動床の理論式である江頭らの式より若干小さい値となっている。

3. 流速分布

図3には差圧計による流速、ビデオから読み取った粒子速度および江頭らの流速式による流速分布の比較を示す。これを見ると移動砂礫層では粒子速度と差圧計による流速は、比較的良く一致しているが、水流層ではほとんどの粒子速度は差圧計による流速より小さくなっている。また、江頭らによる理論値と比較すると、砂礫移動層では実験値の方が大きくなっており、砂礫移動層厚同様、河床条件の違いが表れている。

4. 圧力分布

土石流の構成則を適用すると圧力は次式で示される。

$$P = P_s + P_d + P_w \quad (1)$$

ここに、 P_s ：粒子骨格応力、 P_d ：粒子衝突の際に保存されるエネルギーに対応する圧力、 P_w ：間隙水圧である。

図4に実験による圧力分布を清水と土砂混入について比較した結果を示す。図4は水面を同一基準面に比較しているが、土砂混入の圧力の方がinterface下方において清水より全体的に高くなっており、流れの中の粒子は静水圧勾配より大きな圧力で支えられていることが分かる。

5. 濃度分布

図5に示すように、濃度分布は河床付近においては勾配による違いはほとんどなく、interface に向ってリニアに減少している。

6. 流砂量

図6に実験の流砂量を示す。図中には比較のために江頭らの実験値も示す。これを見ると、本実験の値は江頭らの実験値に近いが若干高い値となっている。

今後の課題 今後は P_w とinterface の関係を考察し、掃流砂から土石流までのながれの構造を検討していきたい。

参考文献 1) 江頭進治、芦田和男、高濱淳一郎、田野中新：エネルギー散逸機構に基づく流砂モデル、京都大学

防災研究所年報第33号B-2, p293～pp306 2) 高濱淳一郎、宮

本邦明：急勾配水路における高濃度流れの抵抗則と流砂量について、平成4年度砂防学会研究発表会概要集p66～p69

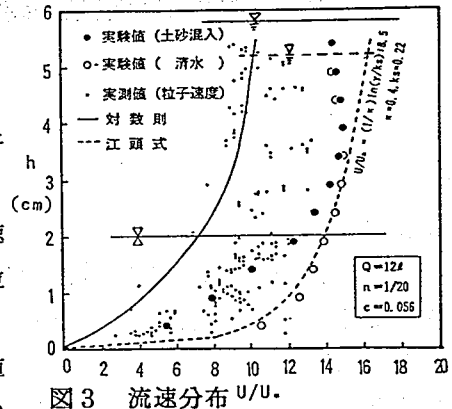


図3 流速分布 U/U_0 .

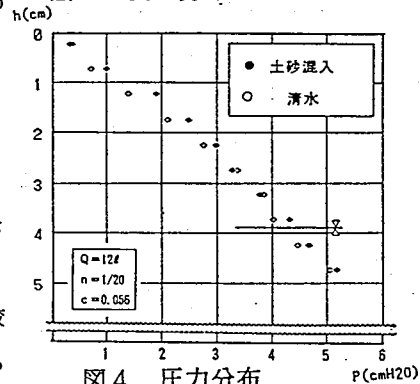


図4 圧力分布

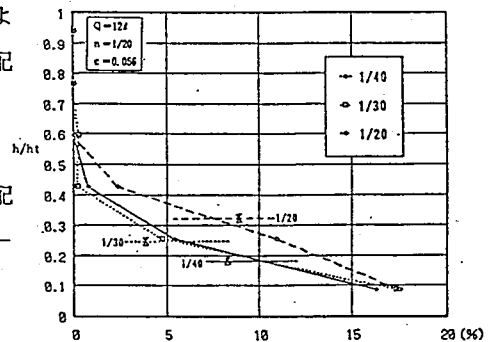


図5 濃度分布

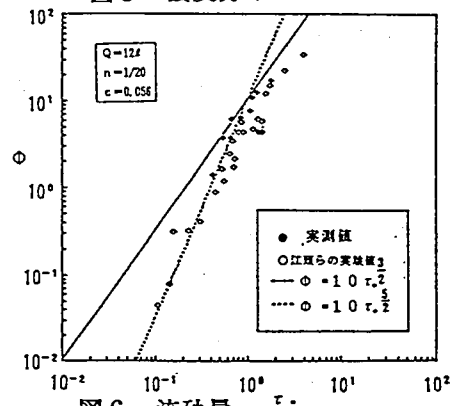


図6 流砂量