

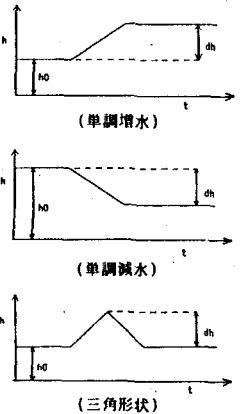
非定常開水路流下における浮遊砂濃度分布に関する研究

京都大学工学部 正 員 中川 博次
中 部 電 力 正 員 川上 康博

京都大学工学部 正 員 村上 正吾
京都大学大学院○学生員 長谷川 昌明

1. はじめに 現在、一様流れ場での掃流砂、浮遊砂の研究はかなり進んだ。しかし、実際の河川のように流量が絶えず変化することにより水面が変動し、また河床も変動する非一様流中の流砂を扱った研究は数少ない。本研究では、実河川における洪水を対象とした非定常流下における浮遊砂の挙動に注目し、実験によって定性的解釈を試みようとするものである。

2. 実験の概要 実験は長さ12(m)、幅50(cm)の変可変配水路を用いて、図-1のハイドロパターンにより等流時の水深4.27~8.53(cm)、フルード数0.55~0.63、底面摩擦速度2.37~4.25(cm/s)、 $dh/dt = -2.77 \sim 6.07$ の範囲で行った。実験項目は①2本の濁度計を用いた相対濃度実験、②濁度計とホットフィルム流速計を用いた濃度、流速同時計測であり、共に下流端より4.5(m)の所で測定を行った。①では底面より4(mm)の高さの位置に1本の濁度計を固定し、ここを基準としてもう1本の濁度計を上昇させて各高さの浮遊砂濃度の時間変化を測定した。②では2本のプローブを同一の高さで5(mm)離し、測点を上げるとき同時に上昇させた。使用した粒子は、比重 $\sigma/\rho = 1.3$ 、粒径 $d = 0.076$ (cm)、最終沈降速度 $w_0 = 0.0945$ (cm/s)の塩化ビニールの微細粒子である。



3. 実験結果及び考察 ①相対濃度実験：各高さ(y)の濃度 $C(y)$ はその時間における底面濃度 C_b で割って相対濃度表示され、図-2に三角形のハイドロパターンにおける相対濃度分布の時間変化を示した。等流時には、Rouse, Lane-Kalinskeの式による分布形を併せて表示した。ほぼ分布式に従っており、特にRouse式により近い形となっていることが他のケースについても認められた。増水期には上層部の相対濃度が大きくなり、全体的に一様化する傾向がうかがえる。逆に、減水期には上層部の相対濃度が小さくなる傾向があり、これらの傾向は単調増水、単調減水についても同様に認められた。このことは、図-3に示す鉛直方向の乱れ強度 v' の変化と密接な関係にある。

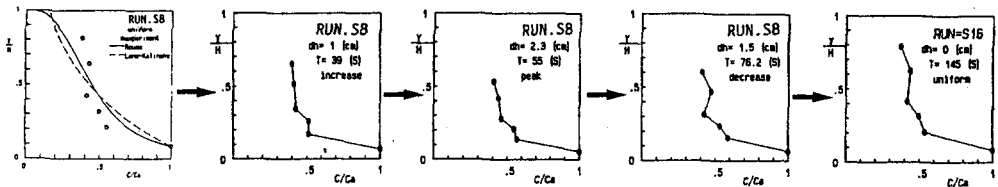


図-2 相対濃度分布 (三角形形状)

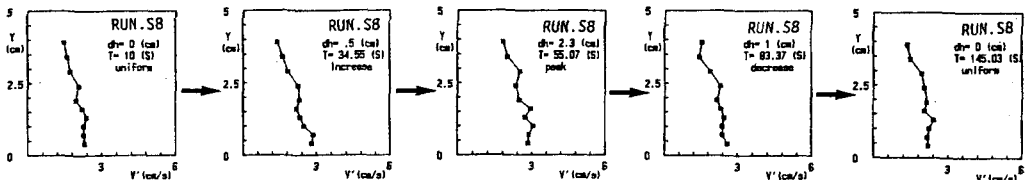


図-3 乱れ強度 v' (三角形形状)

②濃度、流速同時計測：ホットフィルムにより計測された浮遊砂流の流速分布を図-4に片対数表示により示した。対数則成立領域より上方、いわゆる外層部では、流速分布の対数則よりのずれが時間の経過と共に大きくなるという傾向は、川上¹⁾らによる清水流による実験結果と同じである。wake則領域における

Hiroji NAKAGAWA, Shogo MURAKAMI, Yasuhiro KAWAKAMI, Masaaki HASEGAWA

対数則からの偏差の尺度を示すパラメータ Π の時間変化を、本実験による浮遊砂流と、川上らによる同一の水理条件における清水流と同時に示したのが図-5である。図より、浮遊砂流の方が増水期の Π が大きく、減水期の Π が小さいという傾向が顕著に現れている。この結果は、浮遊砂流のwakeの度合が清水流のそれよりも大きいという従来の実験結果と一致している。

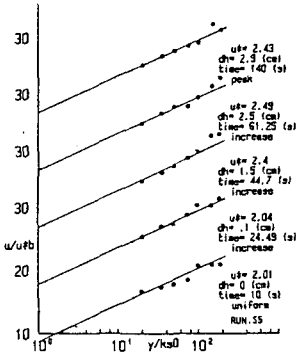


図-4 流速分布 (単調増水)

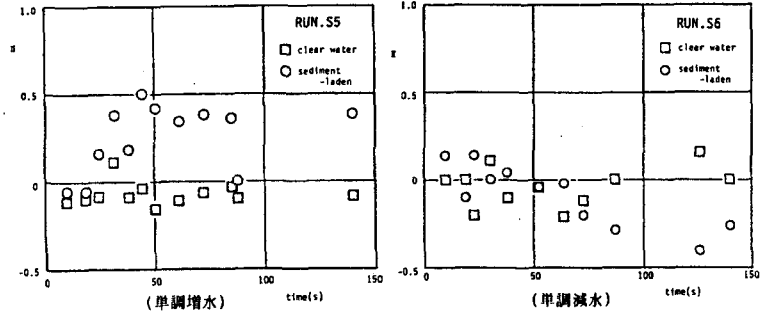


図-5 Π の時間変化

以上の流速分布と濁度計により計測された濃度分布の積を全断面にわたって積分し計算される浮遊砂量を等流時の浮遊砂量 q_{s0} で無次元化し、底面摩擦速度 u_* 、水深 h の時間変化と同時に載せたものが図-6である。図より、浮遊砂量は水深変化の立ち上がりと同時に立ち上がり、水深がピークに達する時間よりも早く、また u_* がピークに達する時間より遅れてピークに達することがわかる²⁾³⁾。さらに、浮遊砂量の減水期における時間変化率は、増水期のそれより小さいことが認められる。従って、同一の u_* に対する浮遊砂量は、増水期のものが減水期のものより小さくなるという結果を得る。図-7には、無次元浮遊砂量 q_s と無次元掃流力 τ_* の関係を示した。増水期には右上がり、減水期には左下がり、そして三角形パターンのハイドログラフでは、反時計回りのループを描くことがわかる。こうした傾向は、木下⁴⁾らの屋外観測の結果とも一致している。浮遊砂量式には、採用する流速分布、濃度分布により、いくつかの式が提案されている。Lane-Kalinske式による理論値と実験値を併示したものが図-8である。ここで底面濃度は、本実験での粒子の流送はwash-load的であることより実験値を与えることとした。図より、底面濃度の時間変化が正しく評価されるならば、浮遊砂量の時間変化はLane-Kalinske式で十分表記できるものと推測される。

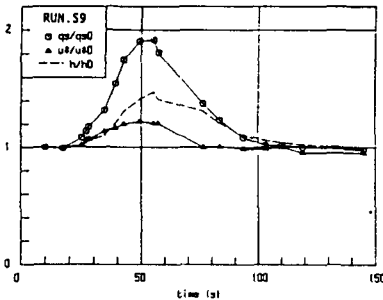


図-6 浮遊砂量の時間変化 (三角形状)

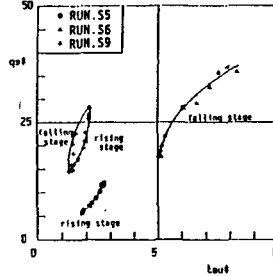


図-7 τ_* の変化に対する q_s の変化

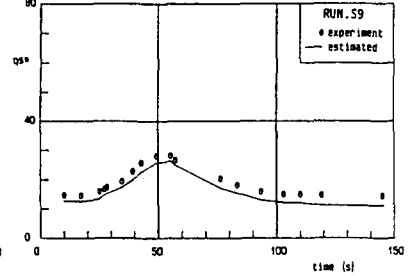


図-8 浮遊砂量の実験値と理論値 (三角形状)

4. おわりに 本研究では、非定常開水路流中における浮遊砂濃度分布の特性を実験的に明らかにした。今後は、流れの基礎式に基づいた解析を行って、流れの非定常性を取り込んだシミュレーションモデルの構築を行い、あらゆる非平衡流れに対しても普遍性を持った、浮遊砂濃度分布の時間変化特性を記述する式を定式化することを目指してゆく。

参考文献 1)川上康博：京都大学大学院修士論文，1991。 2)Nordin,C.F.:New Mexico,USGS Water Supply Paper,1498-H,1964。

3)Guy,H.P.:US Geol.Surv.Prof.Pap.462-E,1964 4)木下良作：土木学会論文集, No.345,1984。