

砂堆形状での流れの可視化

大同工業大学大学院 ○学生員 森中 雄大
 大同工業大学 学生員 高須 悟
 大同工業大学 正 員 久保田 稔

1. はじめに 今回著者は、砂堆の峰部分での流れ場構造を水路側方および上方からの2方向について可視化を行い、峰部分での流れ場の特性時間を求めた。また、砂堆上での時間平均流速分布から流れ関数を用いて再付着点を決定し、他の研究者の結果と比較、検討を行った。

2. 可視化手法 全長2.4m、高さ50cm、幅50cmのインバータ制御用可変勾配式実験水路内にアクリルで製作した全長6mの砂堆形状模型を設置した。

図-1は、CCDビデオカメラ(SONY, AVC-D1)を用いて行った2種類の可視化実験の概略図である。水路側方からの可視化(色素トレーサ法)は、水路幅中心部の峰頂部から色素トレーサとしてメチレンブルー溶液を流水中に放出し、一方、水路上方からの可視化(水素気泡法)は、一定間隔でペイントした白金線を峰頂部に張り、水路側方より4Wのアルゴンレーザー(NEC, GLG3300)で、幅約5mmの光シートを峰頂部に向け放射している。

3. 峰部分での特性時間の頻度分布 図-2は、水路側方からの可視化画像であり、同図のように色素トレーサの軌跡が上昇あるいは下降しているように観察された。そこで、色素トレーサの軌跡が上下に変化している時間間隔 ΔT_V をビデオ画像より読み取り、頻度分布を求めた。一方、水路上方からの可視化については、水路幅中心部に着目すると水素気泡トレーサの軌跡が左右に変化しているように観察された。そこで、水路側方から行った可視化と同様に、左右に変化している時間間隔 ΔT_H を読み取り、頻度分布を求めた。図-3は、水路側方および上方から行った可視化より求めた ΔT_V 、 ΔT_H の頻度分布の一例

($Q=25\text{ L/s}$)である。同図より、頻度分布は対数正規分布で表現されと考えられ、同図中には、対数正規曲線の特性を表している平均値 λ と標準偏差 σ および平均特性時間 $\bar{T}_V$ 、 $\bar{T}_H = \exp(\lambda)$ が示してある。なお、 ΔT_H の頻度分布は、水面上での波の影響の為に若干ばらついているが、 ΔT_V の頻度分布は対数正規曲線に一致しており、峰部分での特性時間 ΔT_V 、 ΔT_H は対数正規分布で表現できると考えた。

4. 再付着点について 再付着点を検討する一手法として時間平均流速分布から流れ関数 ψ を求め、 $\psi=0$ の曲線が路床と接した点を再付着点とした。時間平均流速分布は、流量を3種類に変化させ、直径5mmのプロベラ流速計を用いて、一河床波間で8測線を測定している。なお、逆流域の速度分布について

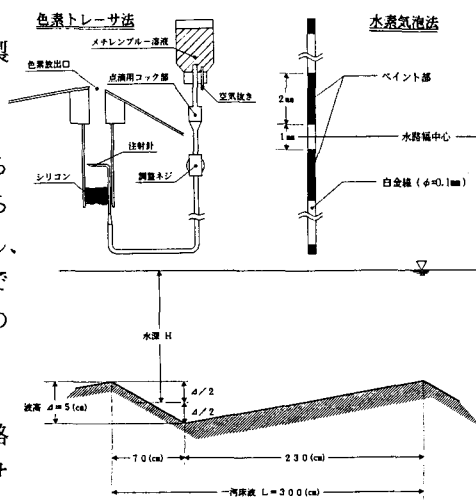


図-1 可視化実験概略図

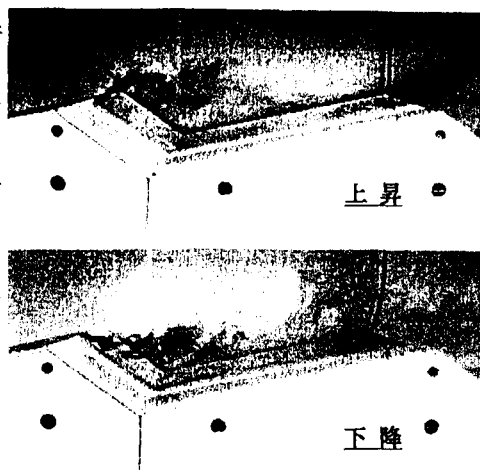


図-2 水路側方からの可視化

は、路床近くに現れた最小流速点より路床近くにある流速の符号を変え、スプライン関数で補間を行った。図-4は流れ関数であり、路床より積分を行い求めている。峰からの $\psi=0$ の曲線は点線で示してあり、一点鎖線の部分は、 $\psi=0.01$ の曲線と平行に路床まで延長してある。

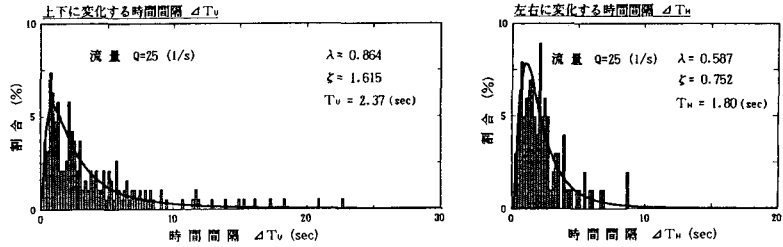


図-3 ΔT_U 、 ΔT_H の頻度分布

図-5は、峰部から再付着点までの距離 X_r とレイノルズ数 $Re(=U_0 \cdot \Delta / \nu)$ であり、同図中には、中川ら¹⁾の実験結果の他にRaudkiviや板倉の実験値も加えてある。さて、中川らは再付着点の距離を $Re=U_0 \cdot H / \nu$ で整理しており、また祢津²⁾らは同様の実験値の整理より、 $Re(=U_0 \cdot H / \nu)$ が増加すると X_r / Δ が減少してほぼ5に収束すると報告している。ところで、著者らは再付着点の距離 X_r を支配する長さのパラメーターは、水深 H よりもむしろ路床付近の特性長さ Δ が有意であると考え、同図中の値は全て $U_0 \cdot \Delta / \nu$ で書き直してある。なお、同図中の値はフルード数 $Fr=U_0 / (g \cdot H)^{0.5}$ である。また、路床付近の特性長さ Δ と水深は、以下のように定義した。断落ちは断落ち高さが特性長さであり、水深 H は断落ち後方の水深である。砂堆の場合は波高 Δ が特性長さであり、波高の1/2の高さから水面までを水深 H とした。同図より、著者らの実験は、他の研究者に比べ Re の大きい範囲にあり、 $X_r / \Delta \approx 4$ 程度の一定値であった。なお、同図より祢津らの値は Re

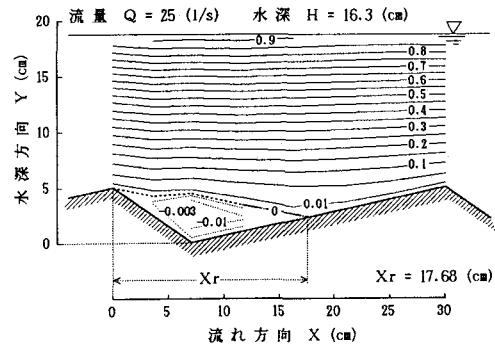


図-4 流れ関数

数 $(=U_0 \cdot \Delta / \nu)$ の増加と共に減少傾向にあり、まだ一定値に収束しているとは観察されない。すなわち同図より、 $Re(=U_0 \cdot \Delta / \nu)$ が小さい場合は、断落ちや砂堆形状の幾何形状の相異による影響が見れるが、 Re 数が大きくなると断落ちの場合も砂堆の場合もほぼ $X_r / \Delta \approx 4$ に収束すると考えた。

5. おわりに 砂堆形状での峰部分の流れ場を可視化し、峰部分の特性時間が対数正規分布で表現できると考えた。また、再付着点の距離は、 $7.0 \times 10^3 < Re(=U_0 \cdot \Delta / \nu) < 1.5 \times 10^4$ の範囲で補間する必要があるが、今現在、 $Re(=U_0 \cdot \Delta / \nu)$ 数が大きくなると、断落ちや砂堆形状の幾何形状および Fr 数に関係なくほぼ $X_r / \Delta \approx 4$ に収束すると考えている。

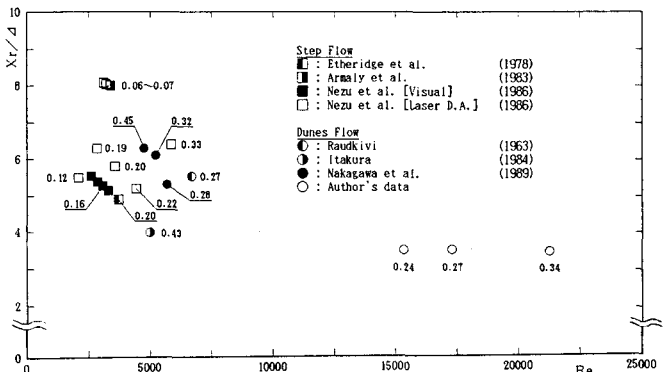


図-5 $Re(=U_0 \cdot \Delta / \nu)$ に対する再付着点の距離 X_r の変化

参考文献

- 1) 中川博次, 祢津家久, 松本利典, 金沢文彦; 開水路河床波上の乱流構造と組織渦に関する研究, 第33回水理講演会論文集, pp.475-480, 1989.
- 2) 祢津家久, 中川博次, 天野邦彦, 藤本和久; 開水路断落ち流れの流速回復過程と再付着点からの組織渦の放出特性, 第31回水理講演会論文集, pp.413-418, 1987.