

北海道大学工学部 正員 〇 秋倉 忠興
北海道大学工学部 正員 岸 力

緒言 河床波上の乱れは一様ではなく平面的に或る分布を持つ。著者は第36回平次講演会において、横断方向にほぼ水深の2倍をひとつの単位とする乱れ構造のモデルの提案を行った。本文は幅の広い水路中で行ったモデルの検証及びその後の解析の結果を述べたものである。

1. 実験の概要 実験には幅30cmの水路を用い、底面には耐水ベニアによる波高 $\Delta=1.5\text{cm}$ 、波長 $\lambda=30\text{cm}$ の2次元的な砂堆の模型を設置し、その表面には $d_{50}=0.42\text{mm}$ の均一な砂を固定した。流量 $Q=6\text{ l/sec}$ 、平均水深 $h=5.6\text{ cm}$ 、平均水面勾配 $i=1/320$ である。この模型は幅10cmの水路内で同一の水理条件によって行った実験で発生した砂堆を模し、これを単純化して2次元的に横断方向へ拡大したものに相当する。測定には熱膜流速計及び可視化法（レーザは水素気泡及びアルミ粉）を用いた。

2. 可視化による実験 写真-1はアルミ粉を水面全体が覆われるように散布して流下させた状態を示している。黒い部分は河床からburstした流体塊が水面に運じたものであり、図-1は黒点の出現する頻度の横断的分布を示す。頻度の多い箇所がほぼ水深の2倍で並んでいることが判る。

写真-2は砂堆直下流の剝離渦内を水素気泡によって可視化した結果である。測点は図-2中の測点P1~P5にそれぞれ対応し、剝離渦のほぼ中央部での流れの鉛直方向の変化を示している。P1, P2は逆流域である。いずれの測点においても、ほぼ河床波の波高のオーダーで水素気泡の集中が見られ、更にそれらが主流の流下方向と或る角度を持って登っていることから、流れが横断方向の成分も有していることが判る。

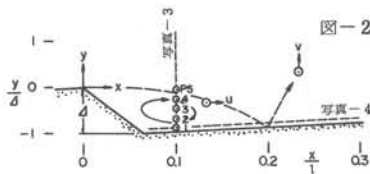


写真-3はアルミ粉懸濁液とスリット光源を用いて図-2に示すように剝離渦内を横断的に撮影した結果である。図-4はこれを模式化して示したものであるが、剝離渦は横断的に連続した11のゆるいローラーのようではなく、前述のようにほぼ河床波の波高のオーダーの渦が並列したものであることが判る。

写真-4は同様の方法によって再付着点付近の平面的な

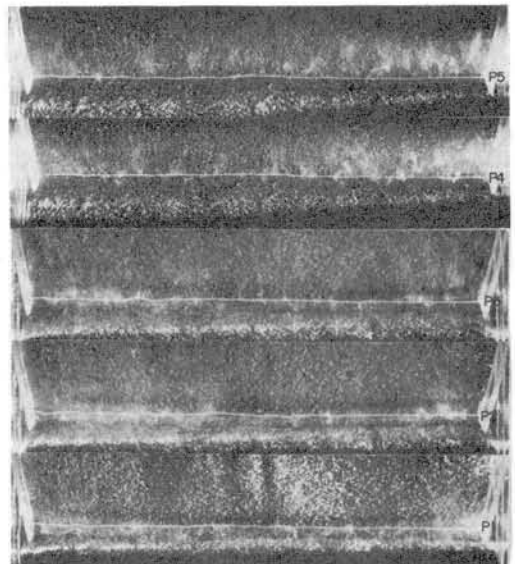
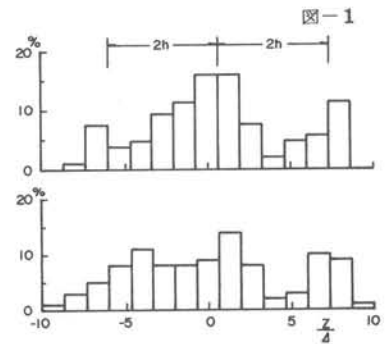
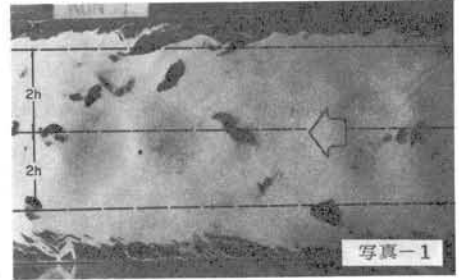


写真-2

流況を可視化したものであり(測点は図-2), 図-4はその模式図である。burstは縦断的には再付着点付近から生じ, 横断的には写真-1, 図-1のように2本の間隔で発生するが, その際再付着点付近に薄流している低速流体はburstが発生する位置へ向って横断方向へ移動することがわかる。

3. 乱れの測定 図-2のようにプロ-7④を剝離渦の中心よりやや下流側に設置し, X型プロ-7④を再付着点付近に設置してburstによる乱れの鉛直方向成分を捕えた。VITA法による解析結果の一例を図-5に示す。再付着点付近をburstが通過するよりも0.13秒程度前の時刻に剝離渦内の流速が低下している。この遅延時間は周囲の移動速度に等しい。

図-6は図-5に示したVITAとU-VITAの横断方向の分布を示している。

即ち, 剝離渦は主流からエネルギーを供給されて回転を続けるが, 渦内のエネルギーが鋭初状態となって渦の下流端が閉じて流体塊を放出し, この時渦内では定常な回転が崩れ一時静穏状態となる。このことは既報²⁾の染料による可視化の結果でも明らかである。

4. 河床波上の大規模乱れのモデル 以上の事柄及び前報¹⁾を総合して図-7に示すようなモデルを考える。(1)主流部分には流れ方向に軸を持つ渦管が並んでおりその寸法は水深に等しい。(2)剝離渦は横断方向に連続した1本の渦ではなく, 河床波の波高の寸法を持つ渦管が並んだものから成っている。(3)剝離渦前面の再付着点付近には薄流による低速流体が存在し, またこの流体塊は横断的に一様な性質を持つのではなく, 渦管の回転方向によってburstし易いものと, しずかいものと^(a)が交互に並んでいる。(4)砂堆のcrestからは横断方向に軸を持つ渦管が剝離渦の外縁に沿って周期的に再付着点へ到着し前述の低速流体を捲上げる。この周期は河床波の波高に基づくストローホール数で規定される。(5)低速流体の捲上げ(burst)が発生する横断的位置は主流中の渦管が上昇速度を持つ部分に発生する頻度が高い。即ち各々の低速流体は非常に不安定な状態に置かれており, 外力の微小な不均衡によって捲上げの初動が生じたり, 生じ難い状態となる。(6)捲上げが発生する際それが発生する位置の近傍に不安定な状態で存在している低速流体塊は横断方向に移動して捲上げる流体塊に合流する。(7)更にこの時剝離渦の下流端が閉じて剝離渦内の流体の一部も同時に合流する。この瞬間剝離渦内の定常な渦の回転運動は一時静穏状態となる。

本研究には文部省科学研究費の援助を受け, 実験には佐々木誠人, 我部弘伸夫, 平山和昭君の協力を得たことに記し謝意を表します。1)第36回年報II-298,301。2)3rd Intn. Symp. on Stochastic Hydraulics, D-3。

写真-3

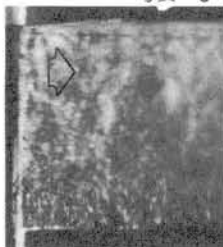


図-3

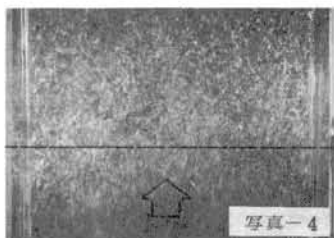
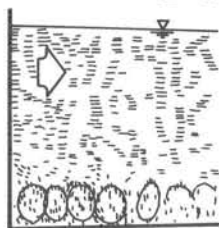


写真-4

図-4

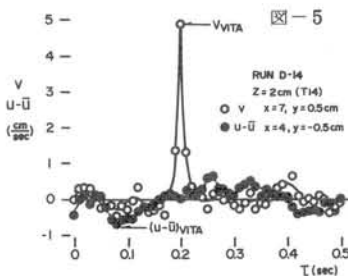
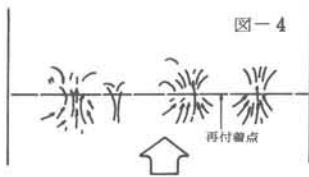


図-5

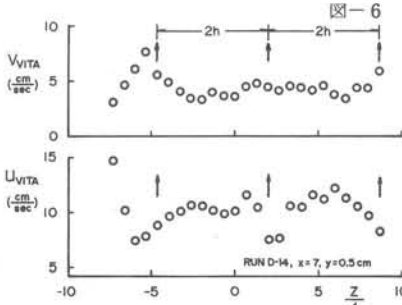


図-6

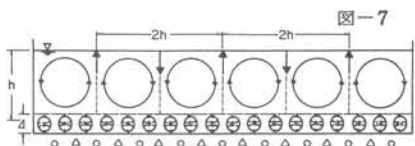


図-7

