

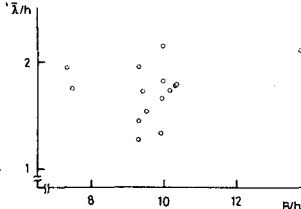
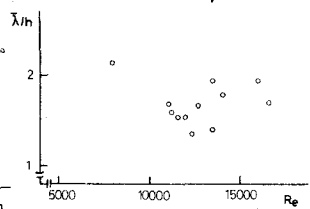
開水路流れの並列らせん流の構造について

京都大学工学部 正員 中川博次 京都大学工学部 正員 柳津家久
 京都大学工学部 正員 富永晃宏 京都大学大学院 学生員 畑 英也

1. まえがき 並列らせん流³⁾(縦渦とも呼ばれる)は、開水路乱流における比較的安定した二次流として近年注目されている。その特徴は主流方向に回転軸を有し、水深規模の直径をも、互いに反回転するとい、た点である。また河床条件と密接なかわりあいをも、う。移動床工での流れでは河床波や流砂量分布とも互いに影響しあ、ているものと予想される。しかしながら、その時間的空間的構造を明らかにすることはまた将来的な課題であり、本報告ではまずその空間構造を取り扱うこととした。

2. 実験方法 実験は村本らの研究を参考にした移動床実験A、及びこれを人工粗度で模した実験Bをそれぞれ行い、両者の比較検討を行、た。水路は幅30cm、長さ8mで、実験Aでは直径124cmのカラス玉を敷きつめ、平均粒径1mmの細砂によ、て縦筋を発生させ、おもに縦筋との関連から並列らせん流について考察した。実験Bでは同一の水路を用いて、3mm幅でアクリル板と粗度を主流方向に交互に配置した。実験Bにおける水理条件はレイノルズ数をほぼ一定に保、た場合と、フルード数をほぼ一定に保、た場合とからなり、それぞれ横断方向の流速分布、乱れ強度分布について検討を行、た。

3. 縦筋の評価 実験Aでは、細砂をカラス玉上に一様にならしてから通水すると横断方向に洗掘部と堆積部が交互に現われ、1時間から2時間程度では水路全長にわた、て縦筋が発達する。この縦筋の洗掘部の平均間隔 $\bar{\lambda}_h$ と水深 h との比 $\bar{\lambda}_h/h$ は、ほぼ1.7から2.2程度であり、 $\bar{\lambda}_h$ は水深の約2倍のスケールで存在するものと思われる。図-1、2は $\bar{\lambda}_h$ と水路のスペクトル比 $\bar{\lambda}_h/\lambda$ 、及びレイノルズ数 Re との関係について示したものであるが、両者ともに有意な相関は認められな、い。これはフルード数 Fr を変化させても同様であり、縦筋の平均間隔は水深 h にのみ

図-1 $\bar{\lambda}_h$ とフルード数 Fr の比図-2 $\bar{\lambda}_h$ とレイノルズ数 Re の比

規定されることわかつた。なお、 $\bar{\lambda}_h$ には1に近い、小さなものもあるが、これは側壁の影響のため側壁横の堆積部の幅が広くな、たためと思われる。

4. 縦筋上の流れの特性 図-3は $h=30$ cm、 $Re=1100$ の水理条件で得られた縦筋上の平均流速分布を直径3mmのプロベラ流速計で計測した結果であり、図中F段は縦筋の状態を表わしている。高速部と低速部が交互に現われ、前者は縦筋上の洗掘部、後者は堆積部に対応している。図-4は同一条件の乱れ強度

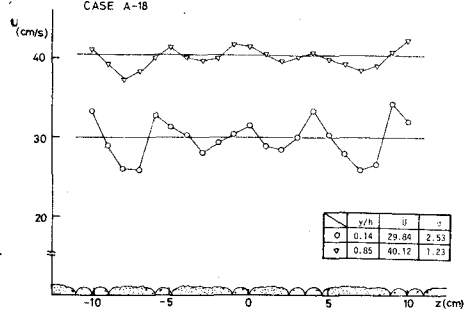


図-3 縦筋上の流れの横断方向平均流速分布

分布を示したものである。図-3と比較すると、高速部に乱れ強度は小さく、低速部では大きくなり、こいる。これは2次流の特性をよく表わしており、縦筋との対応を考えると、水深のスケールで2次流が存在することが容易に理解される。

5 粗滑面上の流れ 実験Bでは、縦筋の洗掘部を粗面、堆積部を滑面と考えて、前者には厚さ5mmのアクリル板、後者には厚さ8mmの粗面板を用い、実験Aの河床状態を模擬した。図-5は、平均流速の横断方向への分布を示す一例である。図-3と比較してみると、半水深部と自由水面近くでは両者の分布パターンは一致しているが、底面付近では逆となり、こいる。これは粗度頂部が滑面頂部よりも突出しているため、粗度の影響が強くなりすぎたためと考えられる。しかし、底面付近以外では高速部となるわけであるから、この上部では非常に速度勾配の大きな流れが存在することとなり、これは縦筋の発達過程を考える上で重要と考えられる。図-10のような低水深の場合には、2次流の特徴が顕著に現れたが、高水深($B/\lambda \leq 6.7$)の場合には認められなかった。

6 時間構造に関する若干の考察 流速測定中のペンレコーダーの記録から、実験A、Bともに変動成分よりもはるかに長周期のゆらぎの存在が確認された。図-9は5分間サンプリングを行い、2. スペクトル解析を行、た結果である。図中の実線は2次元乱流の理論スペクトル曲線 矢印は $T_0 \cdot U_{avg}/\lambda = (1.5 \sim 3.0)$ とした場合の bursting 周期 T_0 に相当する波数 k_0 を示している。図からわかるように、測定に用いたプロペラ流速計は高波数成分を精度よく計測できないうが、bursting 周期よりもはるかに長周期のピーク値をもつようである。このピーク周期を T_m とすると、水理条件によらず $T_m U_{avg}/\lambda \approx 20$ とな、た。これは今後並列らせん流の時間構造や周期性を考える上において、非常に興味深い。

7 あとがき 並列らせん流は縦筋上とい、た特殊な河床条件下では、安定して存在しており、水深によ、てのみのスケールが規定される。今後、洋流砂機構や河床波の発生機構に及ぼす並列らせん流の影響、特にその時間空間構造を把握して行きたり。

<参考文献>

- 1) 木下良作 航空写真による洪水流の解析
- 2) 村本嘉雄ら 砂礫河川の掃流砂に関する基礎的研究

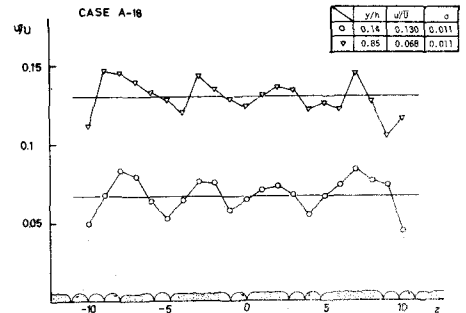


図-4 縦筋上の流れの横断方向 乱れ強度分布

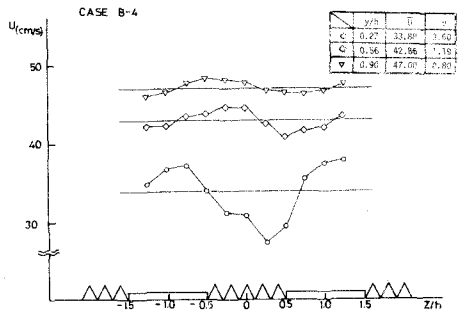


図-5 実験Bの横断方向平均流速分布例 ($B/\lambda = 10.0$)

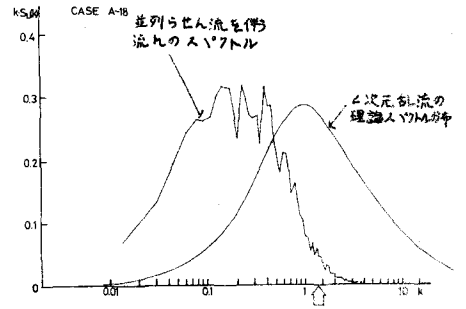


図-6 並列らせん流を伴う流れのスペクトル