

北大王 正典 ○黒木 幹男
北大王 正典 岸 力

1. はじめに

南水路流れにおいて、流れの方向に軸を持つ顕著な二次流(縦渦)の存在は比較的早くから指摘されており、これまでに幾つかの観測から研究が進められている。これまでに研究と縦渦現象の持つ河川工学上の意義は次の諸点に要約できよう。

1) 河川における流量観測精度との関係 木下¹⁾は洪水時の水面に流速の運送が列をなして生じ、流速の速い部分に泡や塵などが集まることを確かめている。この様な流れでは、流速計の配置や導下の流下位置と縦渦の関係が、流量の観測精度に大きく影響するものと予測される。

2) 流砂量の評価との関係 村本²⁾は平坦河床上で細砂が縦渦を形成しながら運搬流送される場合の流砂量の評価を試みている。流砂量に及ぼす混合粒径の効果はこれまでに多くの提案がなされているが、縦渦によって生じられる河床近心の流速の横断方向の変化や、乱流特性の変化を考慮する必要がある。

3) 拡散係数の評価との関係 南水路の拡散実験で梁料塊が縦渦の存在によって特有な挙動を示すことがこれまでに多くの研究で確かめられており(Fingering現象、室田³⁾)、拡散係数の評価に大きな影響を及ぼす。同様の観測から海洋や湖泊において吹送流によって生じる縦渦の研究も盛んに行われている。

4) 河床波の成因との関係 幅の広い南水路では縦渦は比較的よく観察されるが、河床は3次元の河床波が存在する場合に最も安定した縦渦が形成されること、木下⁴⁾の最近の研究で確かめられた。河床波の成因については、これまでに流下と2次元に取扱った多くの成果が得られているが、河床波の3次元的存在性の説明には、縦渦を考慮した3次元の流下の扱いが必要になる。

5) 河岸侵食との関係 河岸侵食を考えたとき、河岸近傍の流況を正確に把握することが重要であるが、流下の構造は中央部より一層複雑になっていることが予想される。河岸形状と近傍の流況、ひいては河道断面形状と縦渦の関係については基本的な認識が必要になる。

この様に、縦渦は河川工学上の重要な諸問題と密接に関連を有するが、南水路の縦渦の構造を直接扱った定量的な測定はあまり多く行われていないが、本論文では、

本研究では、縦渦が顕著に発達した流れで二次流成分、乱流特性をホット・フィルム流速計を用いて実測し、流れの基本的な構造を定量的に説明するを試みた。

2. 実験装置および実験方法

実験に用いた水路は長さ8m、幅0.8mの鋼製可変勾配水路である。予備実験では、水路床をペイント仕上した滑面平坦床と、3mmの砂を敷いた粗面平坦床の場合について水理量の変化と縦渦の発生を調べた。

この場合、可視化実験や、プロベック流速計による測定では縦渦の存在を確かめ出たにも拘らず、ホット・フィルム流速計では思わしい結果を得られなかった。この原因として、平坦床では二次流の強度が小さいこと、縦渦の周期が、計測時間に比較して長いことが考えられる。

空間的・時間的により安定した縦渦を生じさせるため、木下の実験を参考に水路床の砂に斜面向格子状にミゾ(対角線長20cm、深さ5mm)を掘った実験を行った。これは3次元河床波の初期形状と類似している。測定にはX型ホット・フィルム・プローブ(TSI製1246-20W)を用い、主流・鉛直方向流速 u , w を格子の対角線上の断面内で測定した。1回の計測時間は20sec、1/100sec毎にA/D変換を行って1回の処理を行った。

3. 実験結果およびその考察

図-1に U , W の平均値の横断方向分布の1例を示す。縦渦流の特性である流速の波状性が明瞭に表われている。

図-2, 3に U , W の横断分布の振幅の水深方向の変化を示す。

南水路の縦渦を直接扱う理論的研究として、基礎方程式の吟味が、Einstein⁶⁾によってなされ、平坦床の場合について林⁷⁾、池田⁷⁾が主要な境界条件の評価、二次流成分に対する解析解を得ている。

図中に池田の解析結果を示して、実験値と比較してある。 W の y 方向分布は正弦波に近いが、振幅の水深方向変化は理論よりも若干上方に片寄った非対称分布を示している。又、林らは、主流は縦渦から直接の影響を受けないと仮定し、水面での U の振幅が最大になるモデルを提案している。しかし、本実験の結果では、水深方向に大きな変化は起こらず河床が大きく傾斜する傾向が認められ、修正の必要が感じられる。

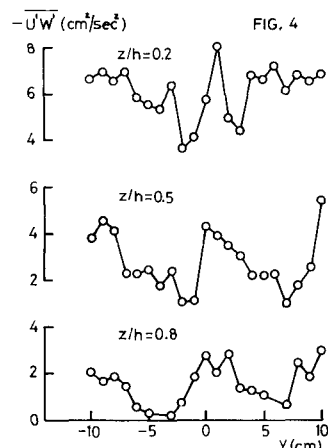
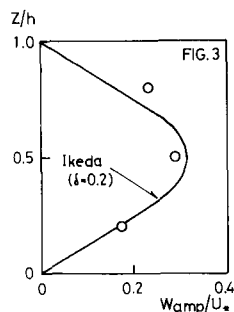
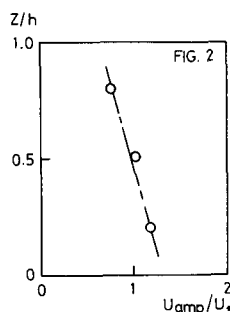
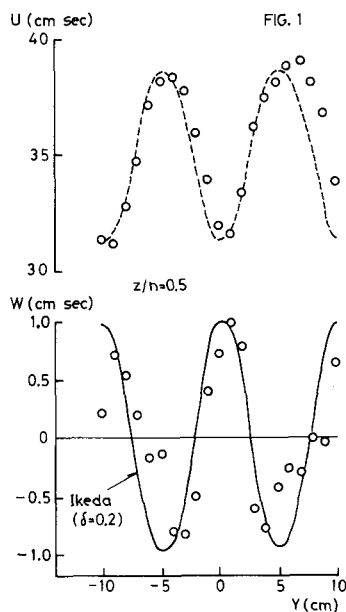
図の実験例は、縦渦の波長・水深比が約2.0の例であり、従来知られていた関係を示している。しかし、水深を減じて波長・水深比を2.8とした実験では、 U の波状性には大きな変化が認められながらも同時に W の分布の規則性は可成損なわれることが確かめられた。移動床での河床形状と縦渦の関係も考える上で興味ある事実である。

図-4には $-\overline{U'W'}$ の横断方向分布を示す。図では流れの上昇部で $-\overline{U'W'}$ が大きくなり、下降部で減少する傾向が認められる。busting現象に関するこれまでの研究でも、bustingが発生する時には $-\overline{U'W'}$ が増加することが実験的に確かめられており、縦渦の発生機構を考察する上の手掛になると考えられる。

しかし、林らが平坦床上の縦渦の解析に用いたモデルは本実験の結果は逆の関係になっている。この原因が河床形状の相違にあるものか、或は水深条件によって両者の状態が存在可能であるかは今後の研究で明らかにしてゆきたい。

今後は実験例を増やそうとしても、今回は測定しなかった横方向成分 V も測定し、縦渦の機構の定量的な把握に努めたい。

本研究は文部省研究費(総合A, 代表者吉川希夫)の援助を受けた。



参考文献 1) 航空学要による流水時の流れ測定, 夏期研修会, 1968

2) 綾瀬河床の流砂量の測定, 32回年報, 1977

3) 南水路分散実験に因るfingering現象と二次流の相関について, 23回水誌, 1979

4) 差別せん流に因る実験的研究, 北海道開発局調査報告, 1977

5) Secondary Currents in Straight Channels, Trans. ASCE, 1958

6) 南水路に於ける縦渦の形成に関する研究, 21回水誌, 1977

7) Roles on Secondary Flow in the Formation of Channel Geometry, 日米セミナー, 1978