

II-204 河床支上の組織渦に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 藤末 真宏
 早稲田大学大学院 学生員 榎永 善文
 早稲田大学理工学部 正員 吉川 秀夫

1. はじめに

筆者らは層流中で河床支に関する実験をおこない、河床支上の粒子運動や水の乱れについての測定、流れの可視化などの解析の結果より乱れに数秒オーダーの周期性があることがわかった。またこの結果から不規則な乱れよりも河床支のクレストから発生する組織的な渦により、河床支が運動していると考えられることを確認した。本研究の目的はこの組織渦と河床支の関係を明らかにすることである。

2. 実験概要

- (1) 実験は全長4(m)、幅2(cm)、高さ40(cm)のアクリル製水路で行った。河床粒子として粒径2(mm)、比重1.024のポリスチレン粒子を用いた。水位を一定にして粒子の撓動限界を少し越えた程度の流量を保つことにより河床支(波長38(cm)、波高1.7(cm))を形成させた。この時河床支上の粒子運動を2台のビデオカメラで撮影した。
- (2) (1)で形成させた河床支の形を、発泡スチロールの板で作ったの上にポリスチレン粒子を貼りつけて固定床の河床支とし、(1)と同じ水量をこの上に流し、レーザー Doppler 流速計により流速を測定した。
- (3) (2)で作った固定河床支の上で、流量を変化させ流速の測定を行った。また染料を用いて流れを可視化し、渦をビデオカメラで撮影した。

3. 渦の発生周期

固定河床支上で流速を変化させた場合について、その渦の発生周期を図2に示した。可視化によるとクレストから発生した渦は、次に発生する2~3個の渦に追いつかれて合体し、下流に行くにしたがい拡散して壊れていた。なお、このことは水の乱れの自己相関から求めた周期が渦の発生周期の2,3倍であることから推定される。このほか、上流の河床支の剥離領域の崩壊が起こり、多くの渦がそこから流出し、下流の河床支の剥離領域上を通過すると、この下流側の剥離領域でも崩壊が起こる。今回の実験では上記の現象が10秒ぐらいの周期で起こっていることが観察された。またビデオ解析によると河床支上の粒子運動には、局所的な粒子が2~3秒の周期で動くものと、全体的に粒子が10秒の周期で動くものとが確認された。なお剥離領域の崩壊のメカニズムや、この周期がなぜ10秒なのか今後の検討課題である。

4. ストローハル数

円形のシリンダーから発生するカルマン渦のストローハル数については次のことが知られている。

$$S.t. = \frac{D}{\lambda T} = 0.2 \quad \left(\begin{array}{l} D: \text{円柱の直径} \\ \lambda: \text{流速} \\ T: \text{渦の発生周期} \end{array} \right)$$

本研究では、河床支のクレストから発生する渦についても同様に以下のように考えることにした。従来の河床支の実験ではTが測定されていないので、式中の分母の λT に代わるものとして河床支の波長(λ)を、分子のDの代わりに波高(Δ)の2倍を取った。ただしストローハル数を構成する流速 U は無限点の流速を使っているが、河

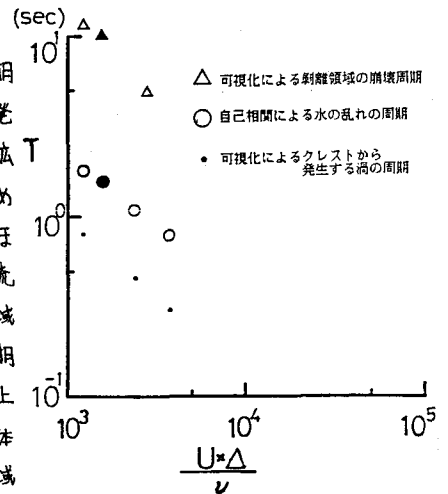


図1 乱れの周期

床波の波長は、ワレストから発生する渦の物動速度(U)と渦の発生周期に密接に関連していると考えられるため河床波のストローハル数を考えるに当たっては次のように考えた。

$$\lambda = \lambda U T \quad (\lambda: \text{比例定数})$$

$$S.t. = \frac{D}{UT} = \lambda \frac{2\Delta}{\lambda} \times \frac{U}{U}$$

筆者及びSIMONSらのデータを図2に示した。従来の河床波の波長と波高の比(Stegness)はけなりばらつきがあったが、このようなストローハル数を考えるとかなり一定値となることわかる。なお筆者らが行った実験より求めた渦の発生周期Tから算出したストローハル数の結果も図中の■のプロットで示したが、この結果より比例定数λの値は約2ぐらいであると推定される。なお固定した河床波上で流速を変化させた時のストローハル数の変化を・のプロットで図中に示したが、レイノルズ数の増加とともに減少する傾向があり、この理由については現在のところ明らかではない。以上より河床波の運動には乱れによる周期的な外力が主たる役割を演じていることを考えると、上記のようにストローハル数を用いて整理することがかなり有効であることがわかる。なお、河床波のストローハル数を求める時、Uとして断面平均流速を用いたことや、渦の物動速度uとして底面から波高の半分位置の流速を用いたこと等について今後さらに検討していきたい。

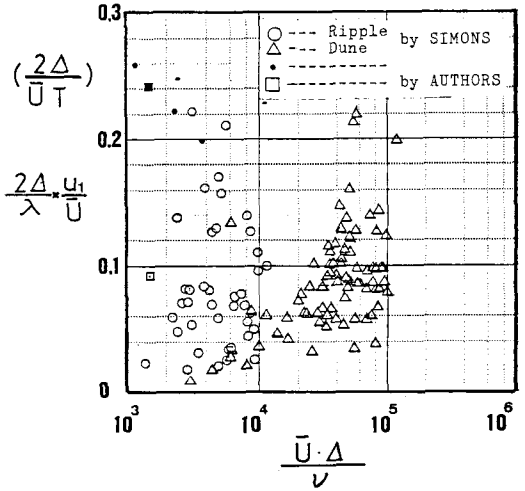


図2 ストローハル数とレイノルズ数

5. 波速と底面流速

SIMONS, 橋らの河床波の波速と底面流速(底面から半波高の位置の流速)の関係を示したのが図3である。これより波速は底面流速と密接に関連していることがわかる。これは底面流速が河床波上の粒子運動の主原因であることや、ワレストから発生する渦の物動速度にも関係していることから明らかである。また同図より、図中のSIMONSがベントナイトを加えて行った0.54(mm)の砂に関する実験データと橋らのデータとが別の直線上にあることがわかる。これは橋らの実験では、SIMONSらの実験と異なり河床材料としてかなり粒度分布の広がりをもった砂を用いているためと考えられる。

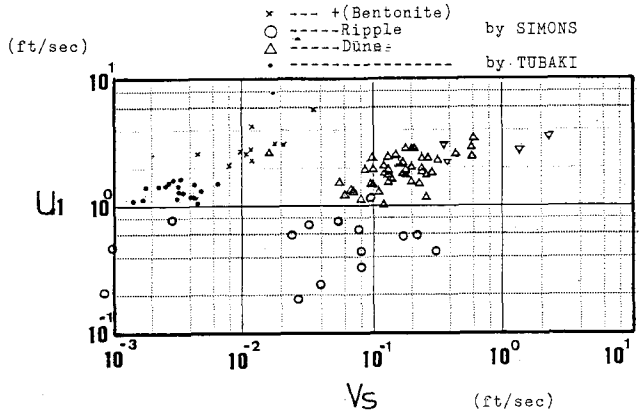


図3 波速と底面流速

6. 結び

本研究において河床波上の粒子運動や水の乱れに周期性があることが確認され、周期的な運動を行っている。河床波の研究にはストローハル数を用いて整理することが有効であることがわかる。なお本研究において、飯部陽一(東亜建設(株)), 鶴田隆可(浅沼組(株)) 両君の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献: 1. D.B.SIMONS et.al. SUMMARY OF ALLUVIAL CHANNEL DATA FROM FLUME EXPERIMENTS, 1956-61
2. TUBAKI et.al. ON THE INFLUENCE OF SAND RIPPLE UPON THE SEDIMENT TRANSPORT IN OPEN CHANNELS