

はく離領域下流における乱れ構造の特性について

神戸大学工学部 正員 笈 源亮
島根県 正員 ○木佐幸佳

1. まえがき

河床波の発生原因のひとつに河床面近くの流れの中に存在する乱れが考えられる。本研究はこの乱れに注目し、段落ちによって生じるはく離領域より下流の乱れ構造を調べた。

2. 実験装置

用いた段落ち部モデルを図-1に示す。このモデルを高さ50cm、幅50cmの風洞内に設置し、最大風速を9.85m/sとした。平均流速測定にはピトー管、乱れ測定には熱線流速計を用いた。サンプリング数200個、サンプリング間隔0.001秒、同一測点でのくり返し数は5回とした。測点は図-1に示すように流下方向に $x/R=6\sim30$ 間で8点、高さ方向に $y/R=0.1, 0.33, 1.0$ の3点とした。

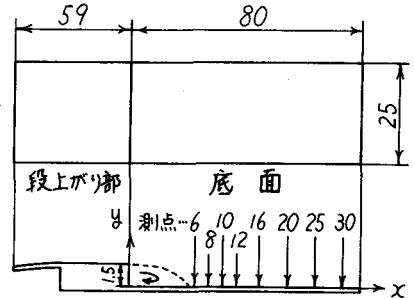


図-1 段落ち部モデル(単位cm)

また、はく離領域内に幅7.3cmの三角形柵を入れて、はく離領域の影響を調べた。粗度の影響は段高に比べて比較的大きな粗度(直径3mmの塩化ビニール棒を流れ方向に直角におく)と小さな粗度(粒径1mmのガラスビーズ、集中度0.27)を用いて調べた。各実験ケースを表-1に示す。得られたデータから、乱れ強度、自己相関係数、および平均風速分布を求めた。

Case	断面形	段後方の特徴
1		
2		長さ7.3cmの三角形柵
3		大きな粗度($R_s=24mm$)
4		小さな粗度($R_s=4mm$)

表-1 実験ケース

3. 実験結果および考察

得られた乱れ強度を図-2に示す。図(a)(b)から、底面付近の乱れが他の高さの乱れより大きくなる位置ははく離領域が小さいCase2の方が上流側にある。これより、段落ちによる乱れが大きいと再付着後に新しく発達する境界層が出現する位置は下流方向へ移動する。また、粗度が大きいと段落ちの影響が小さいが、粗度が小さいと滑面の場合と同じ傾向を示す。なお、図中の y' は粗度の頂点からの底面上方への距離である。

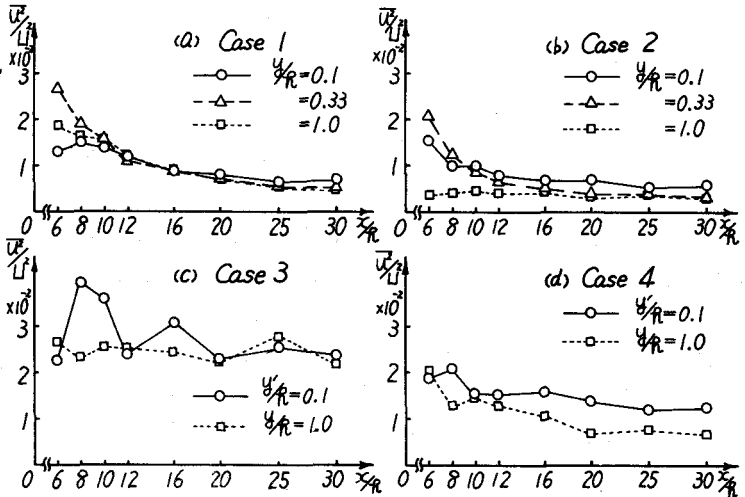


図-2 乱れ強度

平均化していない自己相関

係数を見ると半数近くに周期性が見られ、特にその中で定量的に解析できるものから周期を求めた。これを図-3に示す。一方、はく離領域内における圧力変動スペクトルから、Narayananらは次のような関係を見出した。

$$fR/\bar{U} = 0.05 \sim 0.06$$

ただし、 f は周波数、 R はfenceの高さ、 $\bar{U}$ は主流の平均流速である。しかし、彼らはfenceを用いているため、本研究とは異なるはく離領域が生じている。そこで、図-4に示すように2つのはく離領域をその特徴を考慮して単純化する。これから得られた面積比を $\frac{1}{2}$ 乗して長さの比0.55が得られた。したがって、段落ち後方のはく離領域内の周期 T は次のように推察される。

$$T = (1/f) \times 0.55 = 0.017 \sim 0.021 (\text{秒})$$

これを図-3に示す。データは数が少ないけれども、この周期帯に集まっている傾向が見られる。これより、再付着点より下流の流れにははく離領域内の渦運動の影響があると思われる。

Case 1, 3, 4における最下流端の平均風速分布に対数則を適用して、局所せん断力係数 C_f を求めた。これを図-5(a)に示す。図中の曲線は粗面平板上の抵抗則である。一方、底面が滑面の場合、平板抵抗則および石川が提案した段落ち部下流の底面せん断応力の理論式を適用する。これを図-5(b)に示す。測定値として油膜法によって測定した底面せん断応力を用いた。この時、その最大値は石川の理論式と等しくしている。両方の図より、段落ち部下流では粗面、滑面いずれの場合も C_f は平板上の値より小さくなっている。これは次のように考えられる。すなわち、段落ち部下流でははく離領域の影響で境界層外の流れは大きく乱れている。そのため、境界層との間で運動量の交換が盛んであり、境界層が急速に発達すると思われる。また、境界層外縁の流速は0から徐々に大きくなるので速度勾配も小さい。その結果、底面せん断応力は平板上の値より小さくなると思われる。

<参考文献>

- 1) Narayananら: A.S.C.E., Vol. 94, No. HY 6 (1968)
- 2) 石川: 土木学会論文報告集, 257号 (1977, 1)
- 3) 梶, 木佐: 32回土木学会年次講演会, II-154 (1977)

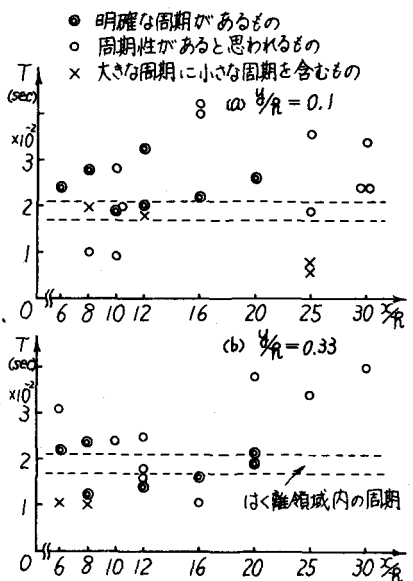


図-3 周期

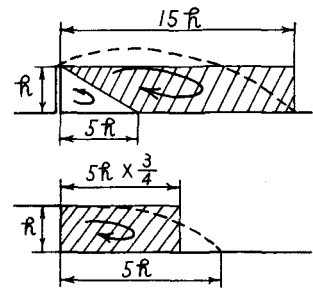


図-4 はく離領域の単純化

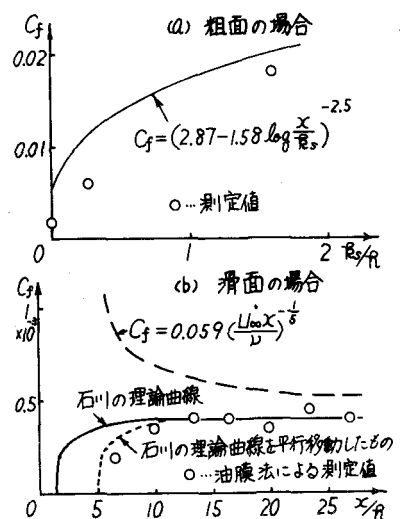


図-5 局所せん断力係数 C_f