

波状路床上の流れにおける乱れの特性について (5)

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 O 上野 鉄男

1. はじめに

本研究は移動床流れにおける乱れの果たす役割を明らかにするための基礎的な知識を得ることを目的とするものであって、dune 形状を代表した波長波高比を有する三角形状の波状路床上の流れについて検討したものである。平均速度および乱れ速度の分布がホットフィルム流速計による計測から明らかにされると同時に、流向や砂粒の動きを観察することにより死水域近傍の流況が調べられている。また、この結果は平坦路床および異なる水理条件をもつ波状路床上の流れと比較検討されている。

2. 実験装置および方法

実験は水路幅40 cm, 路床勾配 1/500 の直線水路で行なわれ、路床には波長20 cm, 波高1 cm の三角波が水路下流端から35枚敷きつめられている。実験においては、流れが平衡状態に達する計測区間での平均水深Hを4 cm になるように流量を3.6 l/sec とした。このときの水路中心線上における平均速度 U_m は24.3 cm/sec, $Re = U_m H / \nu = 7.5 \times 10^3$, $Fr = U_m / (gH)^{1/2} = 0.39$ であった。

平均速度および乱れ速度はホットフィルム流速計によって計測されているが、乱れ速度は、流速に対する出力変動のR.M.S.がペン書きレコーダーに記録され、それから読み取られている。このときのR.M.S.に用いたtime const. は3秒、計測時間は約30秒である。流向の計測には、1.5 mm × 1.2 mm のトレーシングペーパーをのり付けした長さ1.5 mm, 外径0.4 mm の注射針に、長さ約8 cm, 直径0.1 mm の線を通したものが用いられた。この流れに与える影響は小さく、流れに対する応答も良好である。さらに、染料と砂粒の動きを観察することにより、死水域近傍の流況が把握されている。

3. 波状路床上の流れの構造

図-1 に水路中心線上の一波長間における平均速度の分布を示すが、速度の方向性は流速計のプローブの構造から把握することはできない。図において、峰点の直下流で等速度線は密になっており、速度勾配が大きいことがわかる。図-2 において、乱れ速度が大きい範囲は波状路床の峰の後部から下流へ若干上向きに伸びており、これは路床形状によって

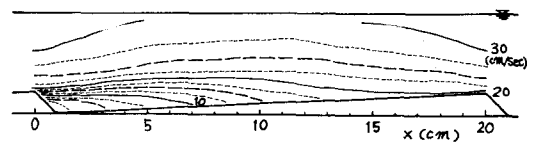


図-1 平均速度分布

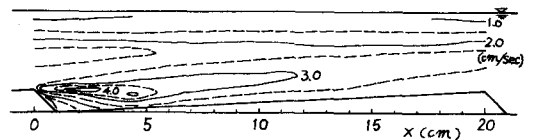


図-2 乱れ速度分布

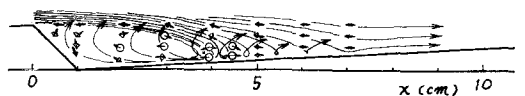


図-3 流向および流況

発生する乱れの伝播する主な経路を示すものと考えられる。図-3において、 $\rightarrow$ は平均的な流向、 $\triangle$ は流向の生じる範囲を示している。流向および砂粒の動きの観察結果から、峰の下流約4 cmの位置がreatachment pointとなっていることがわかった。観察によると、reatachment point近傍では砂粒は上方に巻き上げられている。さらに、染料を用いた観察から流況は図のようになっていることがわかったが、これは流向の観察結果とよく一致している。図は平均的な流況を示したものであり、流況そのものも時間的に変化する。この詳細については現在検討中である。

4. 平均速度および乱れ速度の鉛直分布の特性

図-4において、 $0.3 \leq z/H \leq 0.7$ の範囲でx方向の異なる位置における平均速度分布の勾配はいずれもほぼ等しい一定値となり、この値を用いて計算した摩擦速度 u_f は3.5 cm/secである($Fr=0.39$)。既報¹⁾の同様の実験においては、 $Fr=0.33$ の場合、路床の影響が強く及ぶ範囲は $z/H \leq 0.35$ であり、 $z/H \geq 0.35$ では速度勾配が一定値となり、この値を用いた摩擦速度は1.6 cm/secであった。また、平坦路床上の流れにおいては、 $Fr=0.40$ の場合、速度勾配より求めた摩擦速度は1.2 cm/secであった。以上より、波状路床上の流れにおいてはフルード数が大きくなるほど路床の影響は上方まで及び、大きな摩擦速度をもつ流れとなる。平坦路床上の流れにおいては、フルード数が大きくても波状路床の場合の摩擦速度よりはるかに小さな摩擦速度しか持たないことがわかる。

流れ方向の乱れ速度は、レイノルズ数の十分大きな2次元開水路流れの場合、図-5の実線の関係によって表示されるが²⁾、本実験における計測結果は全体としてこの直線よりも下方にプロットされている。図において、 $0.3 \leq z/H \leq 0.7$ では $u'/u_f(\bar{u}/u_f)^{1/3}$ の分布はx方向のいずれの位置においても、図の実線と同じ-1/3の傾きを持ち、結果のバラツキも小さい。これらの両者の値の差は約20%である。このような差が生じた原因としては、(i)乱れ計測の方法と精度上の問題(とくに、time const.を3秒としたR.M.S.を乱れ速度の計測に用いたこと)、(ii)波状路床上の流れの特性そのものである、などが考えられるが、正確にはより詳細な検討が必要である。

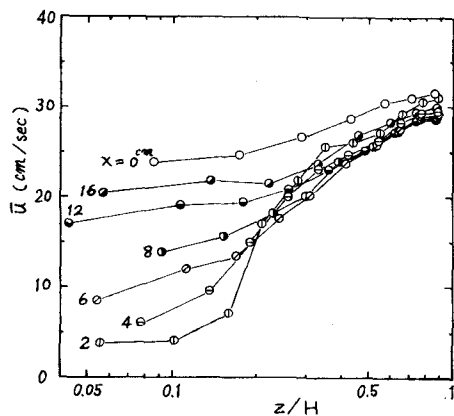


図-4 平均速度分布の対数則表示

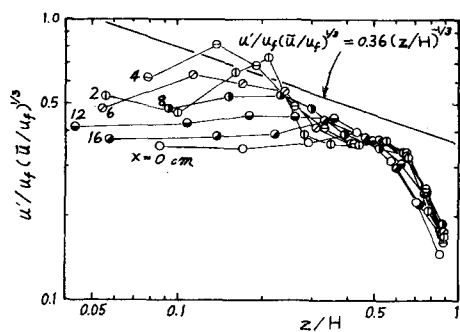


図-5 乱れ速度の普遍関数表示

- 参考文献 1) 今本博健・上野鉄男, 土木学会関西支部年講(1972), II-14.
2) 今本博健, 土木学会論文報告集(1972.1), No. 197, pp 83-91.