

北海道大学工学部

正員 ○ 牧倉 忠興

, , 正員 森 明巨

, , 正員 岸 力

緒言 著者は第34回年次講演会において¹⁾、砂堆河床波上の流れにおける乱れの測定結果について述べた。河床波上では bursting (便宜上このように呼ぶ) で特徴づけられる非常に大きな強度をもつ乱れが砂堆直下流の宛まった位置から発生し、河床からの浮遊砂の捲上げも平坦河床の場合とは異なったものとなることが予想される。また、一般に河床波が存在する場合の流砂量の計算では、流れの全剪断力から河床波の形状によるものを差し引いた粒子剪断力を用いる方法がとられるが、筆者らの試算の結果では一般に実測値と比較して過小な浮遊砂量を与える傾向にある。本文は前報の結果及び今回の実測結果から砂堆河床における鉛直方向流速の変動成分の位置的な分布を考慮した浮遊砂捲上げのモデルを考察し、実測値と比較した結果を述べたものである。

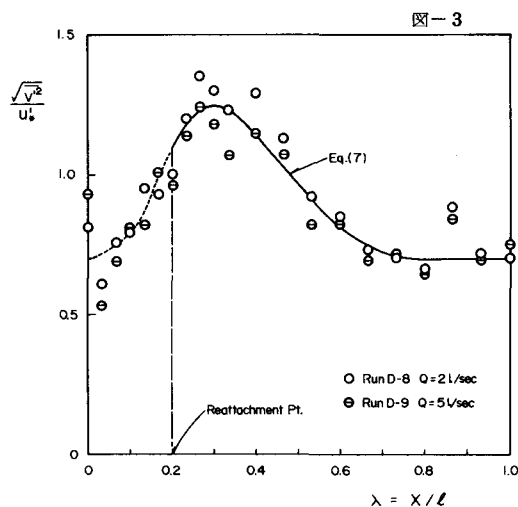
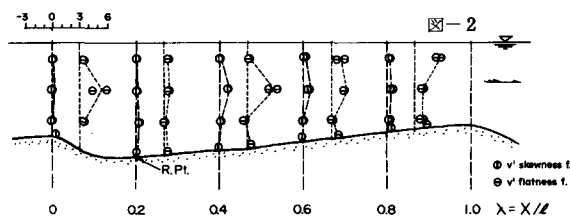
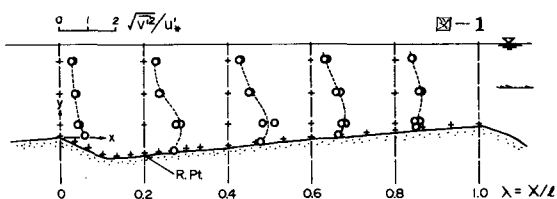
1. 河床波上の乱れの測定

測定には幅10cmのガラス47製可傾水路を用いた。水路内には $d_{50} = 0.42\text{ mm}$ のほぼ均一な砂を平坦に敷き流量 $Q = 2\text{ l/sec}$ 、平均水深 $h = 6.4\text{ cm}$ 、平均水面勾配 $i = 1/372$ を流下させた。河床波が充分に発達した段階でセメントを沈澱させ、さらにその表面に同一の砂をラツカーで固定した。河床波は波長 $\ell = 30\text{ cm}$ 、波高 $\Delta = 1.5\text{ cm}$ の砂堆である。乱れの測定には Hot-film 流速計(X型)を使用し、測定時間は各点20 sec、観取間隔は0.01 sec である。

鉛直方向の流速の乱れ成分 v' に関する測定結果を図-1, 2, 3に示す。測点の位置は図-1中に+印で示した。無次元化のための U_b には、平坦河床に非常に近いと考えられる $x = 0.7 \sim 1.0$ の位置における流れ方向平均流速 $\bar{u}$ の分布から求めた値の平均を適用した。図-2は v' の歪度及び尖度の分布であるが、一部前報の¹⁾ 描点に誤りがあり訂正を行った。図-3は河床波の表面より2mm上方の $\sqrt{v'^2}$ の分布であり、これは $y^+ = U_b y / \nu = 45 \sim 55$ に相当する位置である。図中には同一の砂堆上で流量を増し $Q = 5\text{ l/sec}$ 、 $h = 10.0\text{ cm}$ 、 $i = 1/266$ とした場合の実測値も合わせて示した。 v' の乱れ強度はほぼ同様の傾向を示している。

2. 河床波上の浮遊砂量

先に筆者らが第32²⁾, 33回³⁾ 年次講演会において提案



を行った平坦河床上の浮遊砂の基準点濃度式に対し、河床波上における v' の位置的な分布を取入れて修正を行なう。

河床上の砂粒子に対する力様方程式は

$$(F-G)t_k = \left(\rho_s \frac{\pi d^3}{6}\right) U_0 \quad (1)$$

ここに

$$F = \rho_s d^2 \hat{u}_*^2 \dots (2), \quad G = (\rho_s - \rho) \frac{\pi d^3}{6} \dots (3), \quad t_k = \alpha_k \frac{d}{U_0} \dots (4)$$

F, G : 粒子に作用する流体力及び重力, ρ, ρ_s : 流体及び砂粒子の密度, d : 粒径, U_0 : 粒子が河床から離脱する際の初速度。

ここで、次式のような仮定の粒子摩擦速度 $\hat{u}_*$ を導入する。

$$\hat{u}_* = \frac{f(\lambda)}{f(1)} u_* \quad (5)$$

$$f(\lambda) = \frac{\sqrt{v'(\lambda)}}{\hat{u}_*}, \quad \lambda = \frac{x}{\ell} \quad (6)$$

これらの関係から(2)式及び(4)式を

$$\bar{F} = \rho_s d^2 \hat{u}_*^2, \quad t_k = \alpha_k \frac{d}{\hat{u}_*}$$

として前報の式中に現れるすべての u_* を $\hat{u}_*$ と読み換えることとする。さらに、 $f(\lambda)$ は次のように考えて実測値との比較のための計算を行った。

$$\begin{aligned} f(\lambda) &= 0, & 0 \leq \lambda < 0.2 \\ f(\lambda) &= 0.7 + 0.55 \exp(-\lambda^2), & 0.2 \leq \lambda \leq 1.0 \quad (7) \\ \lambda_k &= \ln \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \frac{1-\lambda_0}{1-\lambda} \right), & \lambda_0 = 0.3 \end{aligned}$$

すなわち、仮定の粒子摩擦速度には図-3の関係をそのまゝ

採用する。ただし、 $\lambda = 0 \sim 0.2$ には剥離渦が存在することから、この区間における浮遊砂の揚上りには存しと仮定する。浮遊砂量の算定は、実測資料の河床材料の粒径分布を考慮して次式によった。

$$\rho_s = \int_{0.2}^1 \left(\int_0^d p(d) \int_0^h C(d, y) \cdot u(y) dy d(d) d\lambda \right) \quad (8)$$

ここに、 d_c : 浮遊限界粒径, $p(d)$: 河床材料の粒径の確率密度関数で、実際の計算では分布曲線を10~15に分割した。また、 λ に関しては λ を20等分した。図-4は計算値と実測値との比較を行った結果である。図中の実測値はすべてGuyら⁴⁾によるもので、その中から"dunes"と表示した資料を引用した。河床波の波高波長比などばかりな範囲であり、実際の $f(\lambda)$ の分布は必ずしも(7)式と同一とは思われながら、計算値との間に良い一致が認められる。図-5は比較のために、 $f(\lambda)$ を考慮せず λ のみによった計算の結果であるが、計算値は過小であり、本法の修正が非常に有効であることが判る。

本研究には文部省科学研究費(一般B)の援助を受け、渡部英二君(現宅地開発公団)の協力を得たことを記し謝意を表します。

参考文献: 1) 板倉・岸: 第24回年講, II-149, 1979. 2) 板倉・岸・篠田: 第32回年講, II-212, 1977. 3) 板倉・岸: 第33回年講, II-288, 1978. 4) Guy, H.P., Simons, D.B. and Richardson, E.T.: U.S.G.S. Professional Paper, 462-1, 1966.

