

河床形態と流れの抵抗則に関する研究

愛媛大学工学部 正会員 鈴木 幸一
三井不動産建設(株) 正会員 ○加藤 知生

1. はじめに

河床形態と流れの抵抗則の関係を Engelund¹⁾ は Guy, Simons & Richardson²⁾ がまとめた Colorado 大学でのデータを用いて、図-1 のように無次元掃流力 τ_* と砂粒抵抗による無次元掃流力 τ_*' との関係で表した。しかし、この図では Ripple 河床については述べられていない。そこで本研究では、同じ Guy らのデータを用いて、Ripple と Dune の区別を明確にするとともに、Ripple 河床についても τ_* と τ_*' との関係を検討する。

2. Ripple と Dune の区分

芦田・道上は多くのデータにより Ripple と Dune は流れのフルード数 Fr が 0.8 以下に生じ、Ripple は砂粒レイノルズ数 u_*d/ν が 10 以下の時、また Dune は 10 より大きいときに生じるとしている。図-2 は Guy らのデータのみを $\tau_* (=u_*^2/sgd)$ と u_*d/ν の関係で Ripple と Dune の区分を示したものである。ここに、 u_* は摩擦速度、 s は砂の水中比重 ($\sigma/\rho - 1$)、 σ は砂の密度、 ρ は水の密度、 d は砂粒径、 g は重力加速度、 ν は水の動粘性係数である。この図によると、Guy らのデータのみからは、

$\tau_* < 0.075$: Plane (平坦河床)
 $0.075 < \tau_* < 0.5, u_*d/\nu < 12$: Ripple (砂漣河床)
 $0.5 < \tau_* < 1.3, u_*d/\nu < 12$: Dune (砂堆河床)
 または、 $u_*d/\nu > 12$

であることがわかる。

3. Engelund の図の再検討

Engelund による図-1は、 τ_* が τ_*' のみの関係であるという抵抗の相似仮説に基づいているが、

$$\frac{U}{\sqrt{8R'I}} = 6.0 + 5.75 \log_{10}(R'/2d_{65}) \quad (1)$$

$$\tau_* = u_*^2/sgd = RI/sd \quad (2)$$

$$\tau_*' = R'I/sd \quad (3)$$

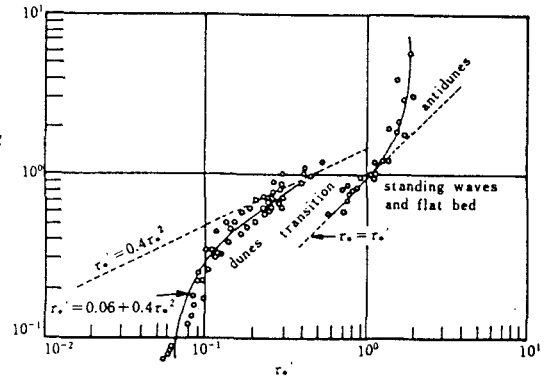


図-1 Engelund の τ_* と τ_*' との比較

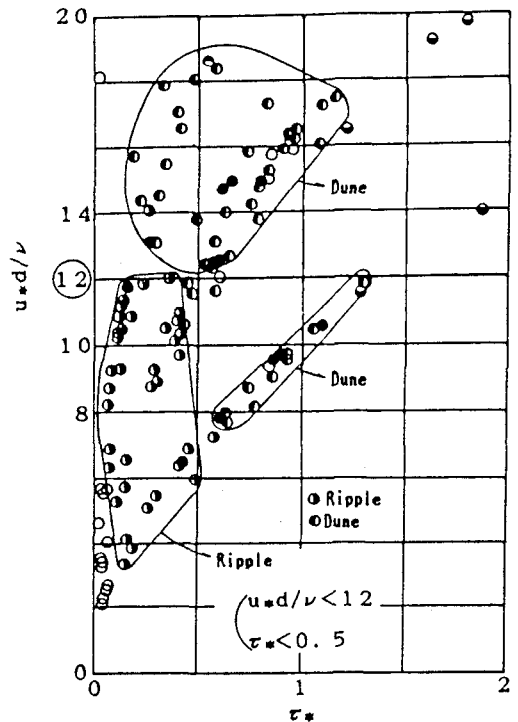


図-2 Ripple と Dune の区分

の関係を用いて、実測の U, R, I から計算した τ_* と τ_*' の関係を示したものである。ここに、 U は平均流速、 I はエネルギー勾配、 R は径深、 d_{85} は 65 % 粒径である。すなわち、各河床形態について、実測の U, I を用いて R' を求め、これを (3) 式に代入して τ_*' を計算する。 τ_* も実測の R, I から計算される。図-3 は、Guy らの全データ (247 個) について、上記の方法で計算した τ_*' と τ_* との関係を示したものである。この図から、河床形態別の τ_* と τ_*' との関係は、平均的には

Plane ($\tau_* < 0.075$)

$$\tau_* = 1.3 \tau_*'$$

Ripple ($0.075 < \tau_* < 0.5$)

$$\tau_* = 3 \tau_*'$$

Dune ($0.075 < \tau_* < 1.3$)

$$\tau_*' = 0.06 + 0.4 \tau_*^2$$

で示される。

4. 水深の推定

流量 Q 、勾配 I および砂粒径 d が与えられた場合、図-3 に示す平均的な曲線 (4), (5), (6) および Transition 河床に対して $\tau_* = \sqrt{\tau_*'}$ 、($\tau_* \leq 1$)、Anti-Dune, (Chute-Pool) に対して $\tau_* = \tau_*'^5$ 、($\tau_* > 1$) の式を用いて水深を Engelund の方法で推定した結果が図-4 に示されている。実測水深 R と推定水深 H の差を実測水深で割った % を縦軸に表している。推定流量は $\pm 40\%$ 以内にあり (4) 式と (5) 式のように Ripple と Dune を分けずに計算した場合にはこの誤差が 100% を越していたものが多かったことに較べれば推定精度はかなり向上した。

5. おわりに

ここでは、Engelund の方法で推定誤差が多かった Ripple と Dune 河床での推定水深誤差を小さくするため、Ripple 河床と Dune 河床とを区分して検討した。なお、主として Transition 領域での τ_* と τ_*' の関係は岸・黒木が詳細に検討している。

(参考文献)

- 1) Engelund, F. : Hydraulic Resistance of Alluvial Streams, Proc. ASCE, Vol. 92, HY2, 1966, pp. 315-326.
- 2) Guy, H.P., Simons, D.B. and Richardson, E.V. : Summary of Alluvial Channel Data from Flume Experiments, 1956-61, USGS, Prof. paper 462-1, U.S. Government Printing office, 1965.

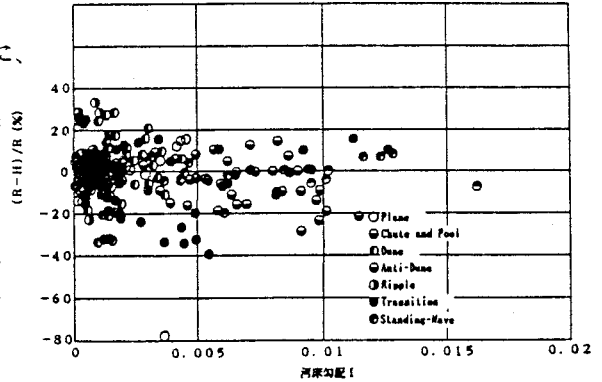


図-3 Engelund の τ_* と τ_*' との関係修正図

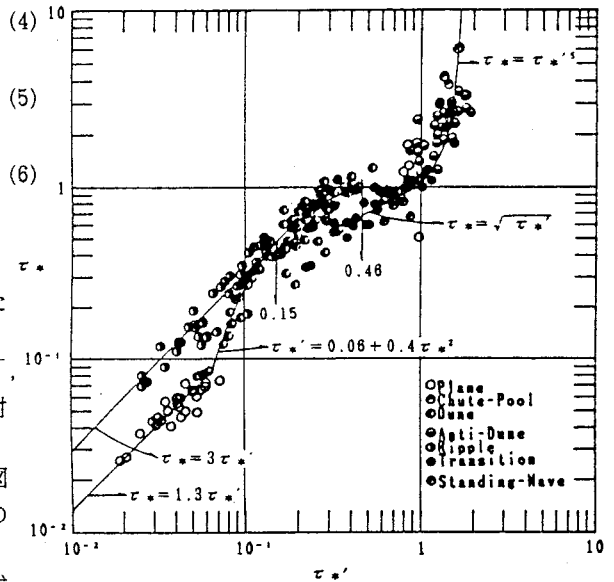


図-4 Engelund の方法による水深誤差の割合