

佐賀大学工学部 正員 渡辺 訓甫
" 学生員 ○荒木 宏之

1. まえがき

掃流・漂流の境界である漂流限界点(q_k)は、漂流砂量を算定するうえで最も重要な要素の一つであり、これまでも、いろいろな考え方が行われてきている。我々は近年、漂流砂量式を提案する際、河床波の波高、波長を相当粒度 k_s にreferさせて、漂流限界点を $q_k = 0.5 k_s$ とし、Einstein流の2dや砂粒のsaltationの高さ H_m とした場合よりも、はるかにその式の適合性が良いことを示した⁽¹⁾。しかしながら、細砂河床で河床波が崩壊しflat bedにある場合(図-3)には、上述の考え方は適用できない。本文は、flat bedの場合の漂流限界点について若干の考察を行い、水路実験資料により検討を加えたいものである。

2. 漂流限界点

flat bedの場合、粒径が大きいと河床付近の砂粒の移動形式はsaltationが主であるが、粒径が細かく w/y_{*k} がかなり小さい場合にはsaltation的移動機構は考え難く、砂粒は河床付近の乱れに捕えられて、河床から直接浮上していくものと考えられる。従ってこのような場合には、渦によって砂粒が一回だけ上方に運ばれる高さを漂流限界点とするのが適当であろう。そこで

- ①河床付近の小流体塊(渦)によって捕捉された砂粒は、その渦に完全に追従する
- ②この小流体塊は y 方向の速度変動 v によって拡散される
- ③捕捉された砂粒は、この渦の寿命時間 t_* の間拡散されて $y=Y(t_*)$ の位置に至る。この高さ $y=Y(t_*)$ を掃流・漂流の境界とみなす。
- ④河床は平衡状態にあって、粒子の放出源は x 方向に一様に分布している。

として、図-1のようにTaylor型の拡散モデルを考える。

河床にあった砂粒は、時刻 $t=0$ に小流体塊に捕捉されて浮上し、 y 方向の速度変動 v によって時間と共に上方に拡散され、時刻 t には、 $Y(t) = \int_0^t v(t') dt'$ の位置に至る。

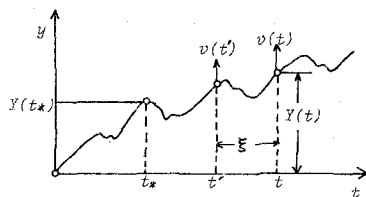
今、Lagrangeの相関係数に指数形

$$R_L(\xi) = \frac{v(t) v(t+\xi)}{\overline{v^2}} = \exp\left(-\frac{\xi}{t_*}\right) \quad \text{--- ①}$$

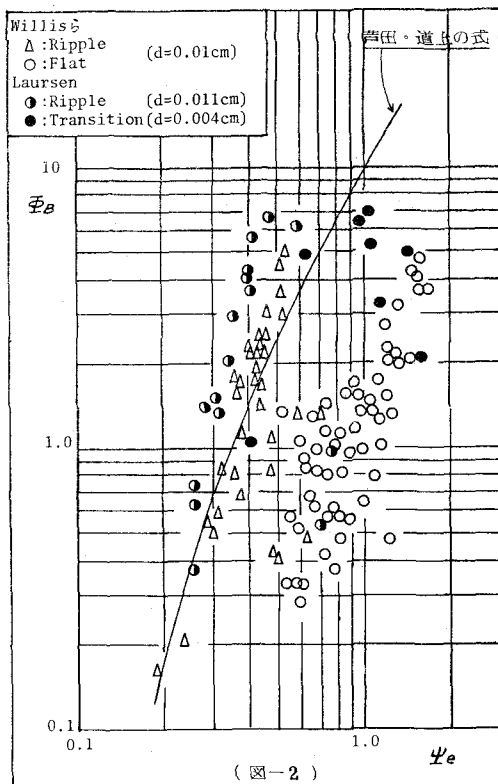
$$t_* = \int_0^\infty R_L(\xi) d\xi : \text{渦の平均寿命時間}$$

を仮定すると、時刻 t における拡散幅及び拡散係数は次式で与えられる

$$\sqrt{Y^2} = \sqrt{2} \sqrt{t_*} \left[\frac{t}{t_*} - \{1 - \exp(-\frac{t}{t_*})\} \right]^{1/2} \quad \text{--- ②}$$



(図-1) Taylor型拡散モデル



(図-2)

$$D = \bar{v}^* t_* \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t_*}{t_*}\right) \right\} \quad \cdots \cdots (3)$$

従って、渦の寿命時間 $t_* = K$ においては、それぞれ

$$\sqrt{Y^*} = 0.858 \sqrt{\bar{v}^* t_*}, \quad D = 0.632 \bar{v}^* t_* \quad \cdots \cdots (4)$$

となる。河床近傍の乱れの様子は明らかでないが、一応ここでは拡散係数として断面平均値を用い $D = \beta \frac{u_*}{K} h$ ($\beta = 1.2$) なる $\sqrt{u_*} = 0.93 u_*$ とすると、結局、flat bed の場合における漂流限界の高さとして

$$a_* = \sqrt{Y^*} = 0.292 K h \quad \cdots \cdots (5)$$

が得られる。

3. 計算結果と考察

計算方式は漂流限界点を除いて、前回と全く同様であり最後の式形だけを示すと次の様である。⁽¹⁾

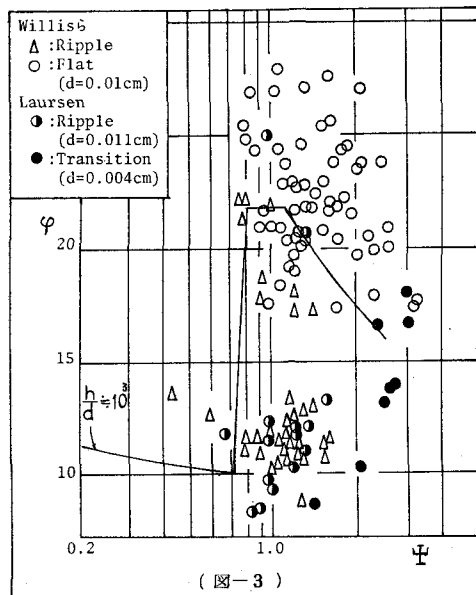
$$\bar{\Psi}_T = \bar{\Psi}_B + \bar{\Psi}_S = \bar{\Psi}_B \left[1 + f\left(\frac{u_*}{u_{*c}}\right) \frac{1}{\varphi^*} \frac{1}{S_*} e^{Z S_*} \int_{S_*}^1 \left\{ \frac{6}{K} \left(Z - \frac{S^2}{2} \right) + \varphi - \frac{Z}{K} \right\} e^{-Z S} dS \right] \quad \cdots \cdots (6)$$

計算に使用された資料は Willis⁽²⁾ と Lauen⁽³⁾ のもので、その大部分は河床源が崩壊し遷移・平坦河床域のものである。(図-3)

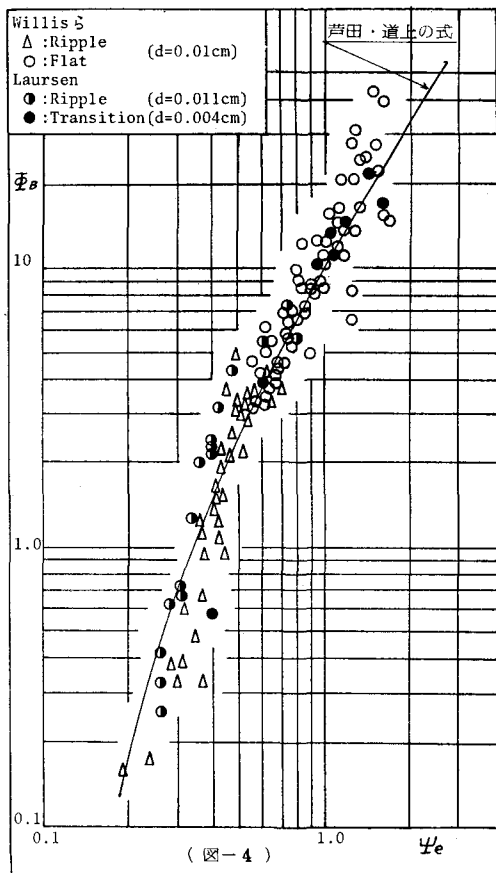
従来通り漂流限界点も $a_* = 0.5 K h$ として式(4)を用いて全流砂量($\bar{\Psi}_T$)より掃流砂量($\bar{\Psi}_B$)を逆算した結果が図-2で、flat 場合は散らばりが大きく、芦田・道上の流砂量式とも一致しない。図-4は前述の拡散幅より求めた漂流限界点 $a_* = 0.292 K h$ を用いた結果であって良くまとまり、芦田・道上の式とも良い一致を示している。なおこの場合、漂流砂下限濃度 C_b と掃流底濃度 C_o とを連続とした方がまとまりが良いようである。flat bed の漂流限界に対してかなり荒い考え方をしただけ、オーダー的には flat bed の漂流限界高さを求めることができ、このように一応の結果が得られた。今後、実際の河川への適合性も含めて、更に検討していくつもりである。最後に本研究に対して、有益な助言をいただいた九州大学の橋教授に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 橋・渡辺「河川における漂流砂量の算定について」第31回年講 551 (2) Willis, Coleman, Ellis 「Laboratory Study of Transport of Fine Sand」 Proc. ASCE HY3, 1972 (3) Lauen 「The Total Load Sediment of Streams」 Proc. ASCE, HY1, 1958



(図-3)



(図-4)