

II-110 河川蛇行部における偏倚流速について

立命館大学理工学部 正員 ○小沢功一

東京大学工学部 正員 玉井信行

1. まえがき 河川蛇行部における側岸付近の流速は流下方向に周期的に変化する。蛇行長、水深、河床の粗度などの間のある関係のもとにおいては流速が速い位置が凹岸部、あるいはそれより少し下流部に現われて、そこが水衝部となる。そのようなところからさらに蛇行が発達したり進行したりするものと考えられる。

このような蛇行部における護岸についてはその水衝部に施すことがまず考えられるがそれより別の位置に水制とか護岸・根固め等を設置して、その蛇行部の流速の偏りを少なくして水衝部を積極的に無くすようにすることも考えられる。そのような観点から蛇行部のどの位置に粗度をつけたら流速の偏りはどのようになるか、実際河川の状況はどうかなどについて検討を行なった。

2. 基礎式 直交曲線座標を用いると偏倚流速についての方程式は s, n 方向にそれぞれ次のようである。

$$u_0 \frac{\partial u}{\partial s} = -g \frac{\partial \xi}{\partial s} - (f_0 + f_s) \frac{u_0^2}{2h_0} \left(2 \frac{u}{u_0} - \frac{\xi}{h_0} - \frac{\eta}{h_0} \right) \quad (1)$$

$$- \frac{u_0^2}{r} = -g \frac{\partial \xi}{\partial n} \quad (2)$$

ここに、 ξ は平均水面からの上昇量、 η は平均河床面からの掘れ、 f_s は粗度をつけたことによる付加的な摩擦係数である。

η については二次流も考慮して Engelund, 池田によって得られている式を用い、式(1), (2)を連立させて u を求めると次のようである。

$$u = n \theta \cdot k \{ k / (\zeta^2 + k^2) \cdot (\zeta \sin ks - k \cos ks) + f_0 d / (\zeta^2 + k^2) \cdot (\zeta \cos ks + k \sin ks) \} + g(k s, k' n) \quad (3)$$

ここに、 $k = 2\pi/L$, L は蛇行長、 θ は蛇行流路の最大偏角、 $\zeta = f_0 + |f_s|$, $|f_s|$ は f_s の振幅に相当するもの、 $d = A/2 + (u_0^2 / g h_0) / 2$, A は Engelund によれば $A = 7 \tan \phi$, ϕ は河床砂の内部摩擦角、 $k' = 2\pi/B$, B は河川幅、 $g(k s, k' s)$ は粗度をつけたことによって現われる項である。

蛇行流路のある位置に粗度をつけた場合とつけない場合とで左岸近傍の偏倚流速の流下方向への分布がどの様に変化してくるのかについてみる。例えば、 $L = 1500\text{m}$, $B = 75\text{m}$, $\theta_0 = 45^\circ$

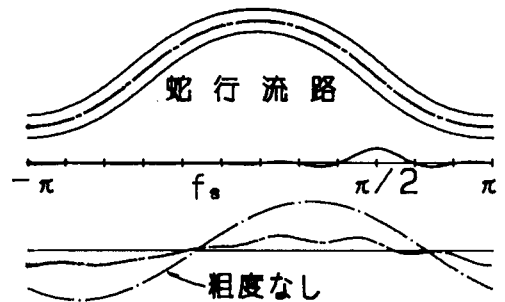


図-1 粗度をつけた場合の流速の偏り
($ks = \pi/2$)

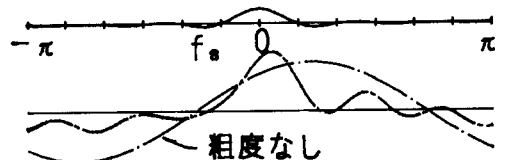


図-2 粗度をつけた場合の流速の偏り
($ks = 0$)

の場合について、粗度を $ks = \pi/2$ の位置につけた時とつけないときとで比較すると図-1のようである。また $ks = 0$ の位置に同様に粗度をつけた時とつけないときとで比較すると図-2のようになる。これら $ks = \pi/2$ とか 0 の値は f_s は ks の余弦曲線として表わされると仮定してその位相差をパラメーターとして、 u を極値とする場合の位相差であるとして求めている。

3. 河川蛇行部の実例 淀川河口から約17 kmの鳥飼大橋の下流から淀川大堰の上流までは図-3-1に示されているように連続した3波長の蛇行部を形成しているとみることができる。そのうちの2蛇行目について豊里大橋を省略して示すと図-3-2のようである。この部分の左岸下流部においては、水制が土砂に埋もれて州ができている。またその右岸側でも砂州が形成されている。これらの位置は $ks = \pi/2$ かそれより下流に相当している。

この状況は先の解析において、 $\pi/2$ の位置に粗度をつけた場合に似ており、図-1に示されているように偏倚流速は粗度をつけるときより全般的に小さくなる。そうなれば流速が特に速い部分がなくなるわけであるから、局所的に洗掘されるようなことも生じないものと考えられる。実際、河川の蛇行部においても深掘れの部分は存在しないようである。また3蛇行目については図-3-3に示されているが、 $ks = -\pi/2$ の前後の左岸側の水制周辺についた州の存在が認められるが、 $ks = 0$ の曲率が最も大きい部分の左岸側にも大規模な砂州が存在している。この状況は先の解析において粗度を $ks = 0$ の位置につけた場合に似ている。このときには図-2に示されているように局所的に偏倚流速が大きくなる部分が現われる。したがって局所洗掘の状況がでてくる可能性がある。現にこの3蛇行目の $ks = 0$ に相当する位置の右岸近傍の河床は洗掘されて水深がかなり深くなっている。

4. あとがき 蛇行流路曲線の $ks = -\pi$ から π までのうちの $\pi/2$ の位置に粗度をつけて実験を行なった結果においても、解析で示したように偏倚流速は縦断方向に小さくなるように変化することが認められている。実際河川の蛇行部の洗掘状況などとも併せて考えてみると確かに $ks = \pi/2$ の近辺に粗度をつけると蛇行部全体の流速の偏りが小さくなり、局所的な水衝部は緩和される形になるように思われる。これらの結果については必ずしも量的に正確に把握できるまでには至っていない。さらに検討を重ねて行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 池田駿介：移動床河川の弯曲部における二次流と動的横断平衡河床について、229号、1974。
- 2) Engelund, F.: Flow and Bed Topography in Channel Bends, Jour. of Hy. Div. Hy 11, ASCE, 1974。
- 3) 池田駿介・日野幹雄・吉川秀夫：河川の自由蛇行に関する理論的研究、255号、1976。
- 4) 小沢功一・玉井信行：蛇行水路における流れについて、関西支部学術講演概要、1988

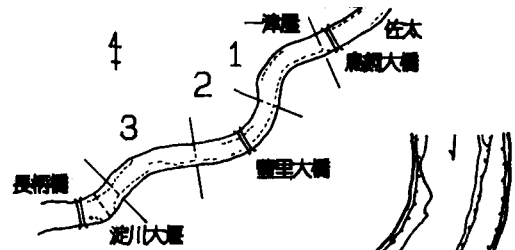


図-3-1 淀川下流部

図-3-2

2 波長目

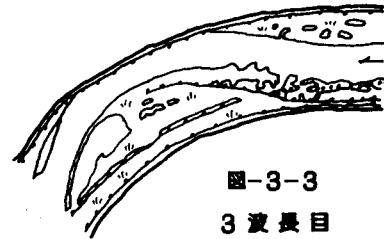
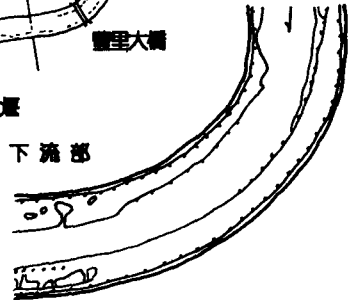


図-3-3

3 波長目