

蛇行水路に於ける流れについて

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 河川の蛇行部に於いては、凹岸部の下流よりの位置に流速が速い部分が現われて、側岸が侵食され、蛇行が発達し、前進するとされている。この蛇行の発達・前進を制御する一つの方法として、水制・護岸により、流速の偏りを少なくして、その特に速い部分をなくすようにして平均化することが考えられる。これらのことを確かめるために蛇行水路をつくり、側岸よりのある部分に水制に相当する粗度をつけて実験を行ない、流速の偏りを制御して平均化し、水衝部をなくすことによって河道の安定化がはかれるのかどうかについて実験を行なった。

2. 基礎方程式 流下方向に s 座標、それに直角に n 座標を用いた直交曲線座標系に於いて、水深方向に平均した流速についての運動方程式を用いる。この流速を平均値とそれからの偏倚との和であるとして、微小量を無視して、偏倚量についての微分方程式をしめすと s 、 n 方向についてそれぞれ次のようになる。

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

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

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、 u_0 は s 方向についての平均流速、 f_0 は河床の摩擦係数、 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。

ξ については式 (2) を積分すれば得られる。また η については、池田、Engelund によって得られている、 $\eta/h_0 = nAk\theta \cdot \cos ks$ を用いる。 $A = 7 \tan \phi$ 、 ϕ は砂の内部摩擦角、 $k = 2\pi/L$ 、 L は蛇行長、 θ は蛇行流路の最大偏角を表わしている。 f_s については粗度をつけることによって流速の偏りが最も小さくなるような位置に粗度をつけたとするときの摩擦係数を ks の関数で表わすことにする。

これらを式 (1) に代入して積分し、 u をもとめ u_0 で割って無次元量にしたものについて示すと次のようである。

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

ここに ξ は $\xi = f_0 + |f_s|$ 、 $|f_s|$ は f_s の振幅に相当するもの、 $d = A/2 + (u_0^2 / gh_0)$



図 - 1 蛇行水路

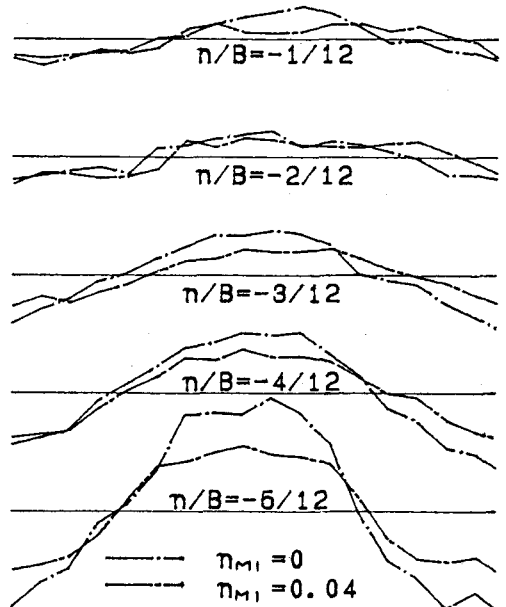


図 - 2 偏倚流速の比較

Koichi OZAWA, Nobuyuki TAMAI

) / 2, $k' = 2\pi/B$, B は水路幅である。

3. 実験的検討 使用した蛇行水路は図-1に示すように連続した3蛇行から成り立っており、幅は0.3m, 1蛇行長は約1.7m, 最大偏角は約20度である。流路曲線はSine-generated Curve ($\theta = \theta_0 \sin ks$)とした。この水路に流量としては2ℓ/s程度、水深は3.3cm程の水を流して、中央の蛇行部についての流速、水深を測定した。取り付けた粗度の位置に関しては、図に示してあるようにそれぞれ $ks = \pi/2$ に相当する左岸側とした。粗度要素としては径2mm, 長さ数cmの細片を1カ所につき45本程、約1cm間隔に立てたものを用いた。

水路中心より右岸側の $B/12$, $2B/12$, $3B/12$, $4B/12$, $5B/12$ の位置に於ける偏倚流速について、粗度をつけた場合とつけない場合とで比較すると図-2のようである。図から明らかなように粗度をつけた場合の流速の偏りは小さくなっている。また右岸側のそれぞれの位置についての変倚流速の実測値と式(3)から計算された値とについて比較したのが図-3, 4である。これらはそれぞれ粗度をつけた場合、つけない場合のものである。粗度をつけないときには実測値と計算値とで必ずしも一致しないようであるが、これは蛇行水路の最大偏角があまり大きくないために流れが直線的に進行しようとして、蛇行流路に馴染んでいないためであろうと考えられる。

4. あとがき 蛇行流路に粗度をつけた場合の偏倚流速の縦断方向への分布は、かなりよい精度で予測することができるということが実験を通して明らかになった。

今後は、水路床を横断方向に勾配をつけたものにするとか、また粗度を右岸側にもつけるとか、あるいは移動床として、河床の洗掘、堆積状況を見ることなどをして、検討を重ねて行くことが考えられる。

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、土木学会論文報告集、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、土木学会論文報告集、255号、1976。

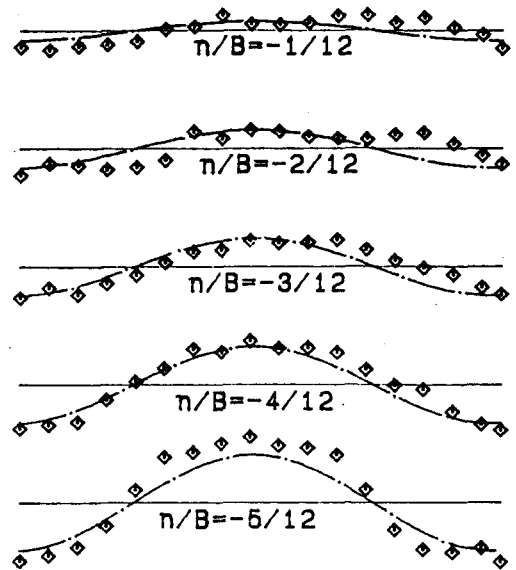


図-3 計算値との比較 ($n_{M1} = 0.04$)

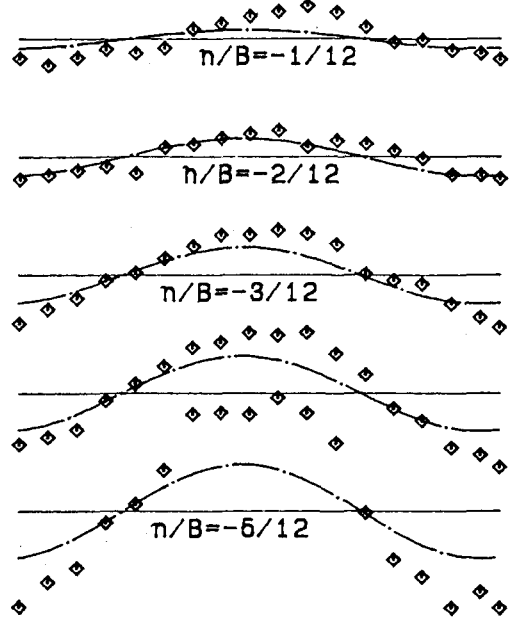


図-4 計算値との比較 ($n_{M1} = 0$)