II-128　流路工における床固工の間隔について

日本大学工学部　正員　○木村喜代治　高橋迪夫　長林久夫

乱れている流路を整え，縦横侵食を防止し，安定河道を形成させる目的で流路工が設けられる．流路工は通常，床固工（および帯工）を併用する．このとき床固工は単独ではなく，階段状に床固工群として用いられる．本報は，この床固工群内の隣接した床固工間の間隔を決める一つの目安を提案しようとするものである．

通常，計画される河道安定勾配は計画前の河道勾配に比べ緩やかであり，この差による区間の落差を床固工の有効高により消化される．床固工は高さを５ｍ程度以下が適当とされ，相隣る床固工の基礎と水通し天端の関連も決められいる．このようなことから床固工の間隔は高さや計画勾配と相互関係から必然的に決まる場合もある．また位置は河道の縦断勾配の変化点とか合流点下流部とか地形的に決まることもある．

阿部ら[1]は急勾配河川に形成される交互砂州を制御するという観点から床固工や帯工など横工の間隔に関する提案をしている．

流路がほぼ直線状のとき，これまでの床固工間隔は水路幅などとの関連から経験的に決められている．

さて，計画対象流量などのある流量のもとで，他の水理量との関連で自然に形成される流路を考える．この流路は自由蛇行河川である．このような流路に床固工（あるいは帯工）が設置されると，その箇所で流路は固定される．著者による自由蛇行河川の平面形状理論[2]によれば，この区間の長さがある限界以下であれば自由蛇行流の平面形状は直線になるとされる．よって，ある対象流量に対し平面形状が直線となる限界（蛇行限界）より床固工間隔が短かければ，流路はその間で直線状になると考えられる．床固工の間隔を決めるときの目安の一つとして，この蛇行限界長を考える．これによれば流量，勾配，水深，水路横断形などの水理量によって間隔が決められる．

さきに報告した理論[2]は自由蛇行流の運動エネルギー（並進と回転）と同時にポテンシャルエネルギーを考慮し，変分学の等周問題として最小エネルギーの条件より平面形状を求めたものである．これによって自由蛇行形状に密接な関係のある無次元量K_iが提案された．すなはち

$$K_i=\sqrt{\left[\frac{gA^3\ell^3 i}{12\,IQ^2}\right]}=2K(k) \qquad (1)$$

であり，直線となる蛇行限界では $K(0)=\pi/2$で $K_i=\pi$となる．よって

$$\ell=\left[\frac{12\pi^2 IQ^2}{gA^3 i}\right]^{1/3} \qquad (2)$$

ℓ:直線限界水路長（床固工の間隔），I:y 軸に対する水路の断面二次モーメント，A:流積，i:安定勾配．ここで

$$I/A^3=1/Ch^2=1/C_m h_m^2 \qquad (3)$$

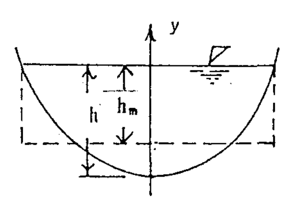
と置いて，各種断面のC_m は表－１のようになる．h:水深，h_m：平均水深，C, C_m :hおよびh_m の無次元断面定数．

水路断面形	長方形	二次放物線	二等辺三角形
C_m	12	20	24

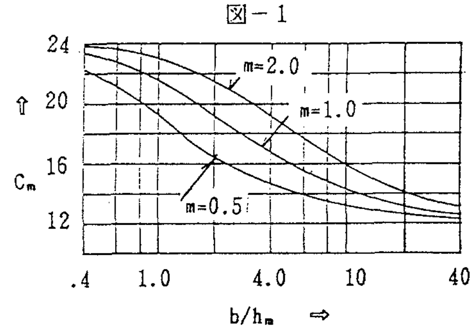
表－１　各種断面のC_m の値

また台形断面では

$$C_m=\frac{(b/h+m)(b/h+2m)^2}{1/12\cdot(b/h)^3+m\left\{m^2/18+(b/2h+m/3)^2\right\}} \qquad (4)$$



図－１



図－2

b:底幅，m:法面勾配1:m. m= 1/2,1,2 のときC_m と b/h_m の関係は図－２のようになる．式(2) に式(3) を代入すると

$$\ell = \left[\frac{12\pi^2}{gC_m}\right]^{1/3}\left[\frac{Q^2}{h_m{}^2 i}\right]^{1/3} = \gamma_m\left[\frac{Q^2}{h_m{}^2 i}\right]^{1/3} \quad (5)$$

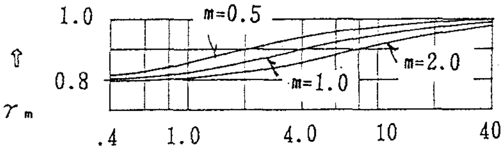
となる．各種断面のγ_m(m-sec-unit)は表－２のようになり，また台形断面では図－３となる．一般に b/h_m は比較的大きいので$\gamma_m \fallingdotseq 1.0$ と置いてよい．このとき簡単に

$$\ell \fallingdotseq [Q^2/h^2 i]^{1/3} \quad (6)$$

となる (m-sec-unit) :$h=h_m$.

水路断面形	長方形	二次放物線	二等辺三角形
γ_m	1.002	0.845	0.796

表－2 各種断面のγ_m の値(m-sec-unit)



図－3

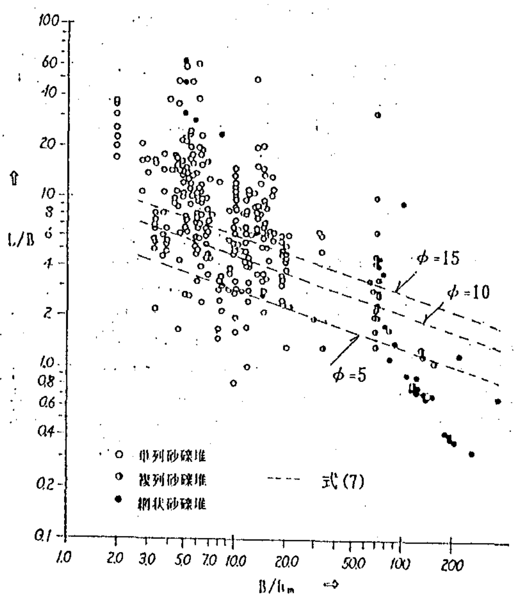
式(5),(6) などからℓを計算すると流量が大になれば大きくなる．自然河川の自由蛇行をみてみるに，大きな河川は大きく蛇行し，小さな河川は蛇行も小さい．この事実は河川の平面形状の規模が流量に依存していることを示すとみてよい (regime theory)．直線となる限界の長さも流量が大であれば大となると考えられる．

さて，計画対象流量などを用いて床固工間隔を決めたとすると，それより大きな流量に対してはむしろ間隔のみからは安全側となる．しかし，これより小さな流量に対しては間隔が長すぎることになる．そのような流量では隣接する床固工の間で蛇行することもありうる．蛇行による河岸浸食は護岸工で対処することになる．流路工の計画には床固工と護岸工の併用が原則[3]となっているのも首肯しうるものである．このようなことから，計画対象流量をどの程度にとるかは一つの問題として残る．

本報によるℓの計算値と実際に施工された床固工間隔 L とがどのようにあるかを検討してみよう．式(5) を長方形水路とおき変形整理すると

$$\ell/B = (\phi^2\ \pi^2)^{1/3}\cdot(B/h_m)^{-1/3} \quad (7)$$

$\phi = v/v_*$: 流速係数．図－4はわが国の既設流路工の床固工間隔に関し整理[1]されたものである．この床固工間隔は主として経験によって計画施工されたものと思われるから，かなりの散らばりがあるのはやむをえない．しかし大略の傾向はB/h_m の増大とともにL/B が減少しており，大勢として式(7) とほぼ同じ傾向を示している．式(7) でϕはある幅をもって変化をする．しかしℓ=Lとしても一般にはℓ/Bの計算値はこの既設床固工間隔L/Bの散らばりの重心よりやや下側にあり，この理論からすると既設床固工間隔は概して大きすぎることになる（図－4参照）．この点は阿部らの結論[1]にほぼ近い．



図－4　既設床固工間隔の関係[1]

— 参考文献 —：1)阿部，渡辺，泉，池谷：単列砂礫堆形成領域での横工の効果 ，新砂防121 ；昭和56年9 月．2)Kimura,Takahashi,Nagabayashi:The Consideration from the Energy Aspect on Free Meander and the Application, Proc of 6th Congress APD-IAHR,Kyoto,July 1988. 3)日本河川協会：建設省河川砂防技術基準 計画偏，山海堂，昭和51年．