

1. まえがき

河口付近を埋立て、河口部を浚渫して泊地として利用する場合には、河川と泊地の接合部に段落ちが存在することになり、出水時に河床は洗堀低下し、既設の護岸、堤防その他の河川構造物が破壊されたり、機能に障害をきたすようになることが予想される。これらに対処するために河口に床固めを設置し河床低下を防止することが考えられる。しかし、床固めを設置した場合にも床固め上流の河床は洗堀低下することが考えられる。ここでは、床固め上流の河床の洗堀低下を調べるために行なった実験および河床変動計算について述べる。

2. 実験設備および実験概要

実験は長さ30 m、幅60 cm、高さ80 cmのコンクリート製水路を用いて行なわれた。水路の一部は片面ガラス張りとし、河床の変動状況が観察できるようにしてある。移動床材料としては比重の軽い合成樹脂(平均粒径0.86 mm、比重1.05)と人工軽量骨材(平均粒径0.28 mm、比重1.85)を用いた。床固めとしては刃形せきタイプのもものと文端幅をもたせたもの2種類を使用した。

実験は床固め上流に移動床材料を水平に敷きならしておき、床固め下流の水位を所定の値に合わせ、おいてから通水して行なった。流量、床固めの天端高および下流水位をそれぞれ2, 3種類変えて実験を行ない、床固め上流の河床の洗堀低下状況を観測した。水面高および河床高は適当な時間々隔でポイントゲージにより測定した。

3. 床固め上流の河床の洗堀低下状況

実験による床固め上流の河床の一般的な洗堀低下状況を図-1に示す。水平に敷かれた移動床上の流れは床固めを越え、床固め上流の水面形は低下背水になる。そのため床固めに近づくにつれて流砂量が増加し、床固め上流の河床は洗堀され低下する。そうすると、流れの一部は床固めの上流面にあたり、流速が遅くなり、その部分の圧力が大きくなる。その結果、床固め上流のある断面において流れが剥離し、図-1に示すような渦が生じ、床固めのすぐ上流が局部的に深く洗堀される。それより上流は水面形に応じて河床が低下する。

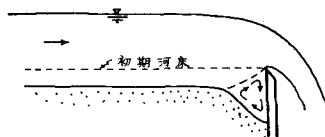


図-1 床固め上流の洗堀低下

4. 床固め上流の河床低下計算

床固めのすぐ上流は渦によって局部的に洗堀されるが、それより上流の河床低下はこの局所洗堀によって影響されないと、および局所洗堀は床固め上流に砂利を敷くことによって防止できることが実験によって示された。(図-2)そこで、ここでは局所洗堀の部分は考えず、その上流の河床低下の部分に

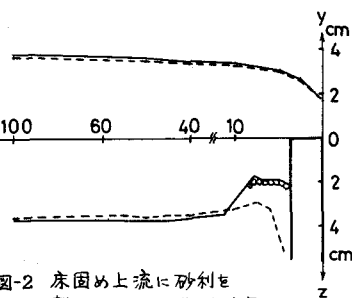


図-2 床固め上流に砂利を敷いた場合の洗堀状況

ついて河床変動計算を行なった。

河床変動計算は通常の方法に従って、流水に関する運動方程式と連続方程式および流砂量公式と流砂に関する連続方程式とを連立して解くことによって行なわれた。運動の時間的变化は緩慢であるとして流水の運動方程式および流砂量公式は定常流に対するものが用いられた。まず、流水に関する運動方程式と連続方程式から初期河床に対する各断面の水深と流速を求め、これらの水理量を用いて流砂量公式により各断面の流砂量を計算し、流砂の連続方程式から Δt 時間後における河床変動量を求め、 Δt 時間後の河床高を求める。次に、この河床高に対して同様の計算を行ない、順次河床変動量を求めていき、 t 時間後の河床高を算定する。ただし、床固め付近では流線が弯曲し、圧力が静水圧分布をしないので、この点に関する補正を行なう必要がある。流線が弯曲している場合には、断面内の小面積 dA を通過する流量 $v dA$ のもつ比エネルギー E は場所によって異なるので、全流量 Q について平均したもの E_m とすると、

$$E_m = \frac{1}{Q} \int_A v dA = d \frac{V_m^2}{2g} + \beta h, \quad d = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{v}{V_m} \right)^3 dA, \quad \beta = \frac{1}{Qh} \int_A \left(\frac{p}{\rho} + z \right) v dA \quad (1)$$

d は断面内の速度分布を表わす係数でほぼ1.1に等しい。 β は流線の弯曲を表わす係数で、流線が上の方に凸の場合は $\beta < 1$ 、上の方に凹の場合は $\beta > 1$ である。この圧力の補正係数 β の値を求めるために、床固め上および床固め上流10 cmの断面で流速分布と圧力分布を測定した。その結果によると、床固め上流10 cmの断面ではほぼ静水圧分布をしていることがわかる。したがって、圧力の補正は床固め上についてのみ行なえば良い。流速分布と圧力分布の測定結果から床固め上における圧力補正係数 β を求めた結果を図-3に示す。すなわち、水面計算はエネルギー方程式

$$E_{i+1} - \frac{1}{2} \frac{n^2 V_{i+1}^2}{R_{i+1}^4} \Delta x = E_i + \frac{1}{2} \frac{n^2 V_i^2}{R_i^4} \Delta x, \quad E: \text{比エネルギー} \quad n: \text{Manningの粗度係数} \quad (2)$$

v : 平均流速 R : 径深, Δx : 断面間距離

を用いて行なうが、流線の弯曲の影響を考えて、床固め上においては比エネルギーとして式(1)を用いる必要がある。 $(\beta$ の値は図-4から求める)。他の断面については通常の $E = d \frac{V_m^2}{2g} + h + z$ によればよい。以上の計算手順によって計算した結果を図-4に示す。これは流砂量公式として、Brown公式および佐藤吉明・芦田公式を用いて計算した結果であるが、図-4によると、Brown公式を用いた場合に、実験値と計算値が時間的にほぼ一致することがわかる。

* 本間仁, 水理学, 丸善, 1967, P. 64

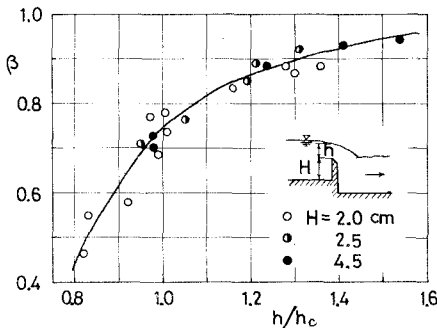


図-3 圧力補正係数と越流水深との関係

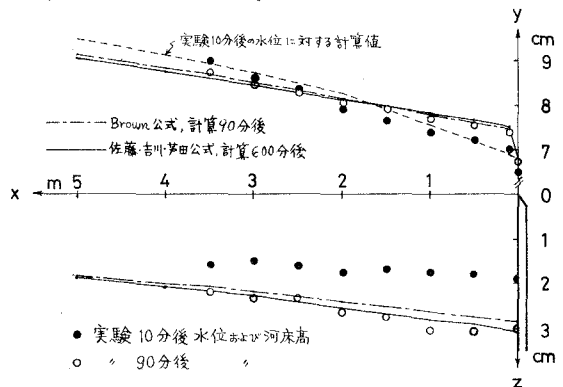


図-4 床固め上流の河床低下の計算結果の一例