

立命館大学理工学部 大同淳之

1.はしがき 移動床を有する自然河川は、流れと河床を構成する土砂とが互いに及ぼしあいながら、その断面形上を形成している。このときの自己形成安定河道の形状がどのようなものであるかを知ることは、人が河川に施した工事対して、どのような応答を示すかということから、重要な問題である。本文は自己形成河道に関係する項目を考察し、その結果を実際河川の改修計画に適用した例を述べる。

2.河道勾配を決める要因

自然河道の高さは変動するが、山崩れ、土石流発生直後の異常の場合を除いて、ある高さのまわりでの変動である。この基準となる河床高は動的平均の条件を満たすものであろう。この高さを決めると、将来の河道の変動が予知でき、砂防計画上有利である。

河道の勾配は、流量、土砂の粒径によって決まるが、水深が関係するため、流路幅に影響される。動的に平衡な河道の断面は次の条件を満たしている必要がある

- a)縦断方向の動的平衡を満たす断面
- b)平衡横断面形
- c)河道内に発生する蛇行波長が小さい水理条件である断面

断面形に関係する量のうち、流量、流砂量だけが独立で、勾配、水深、抵抗係数は互いに関係し合い、独立に定められないものであるが、上述の順番に定めていく必要があると考える。

3. 河道の平衡条件

3-1)縦断方向の動的平衡を満たす勾配

著者は水系の上流部で、一つの雨域におさまる流域では、河道の任意断面を洪水中に通過する流砂量は、水系を通じてどの断面でも等しいという考え方をういた。

$$\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{1}{(1-\lambda)} \frac{1}{B} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{T} \int_0^T q_B B dt \right) = 0 \quad (1)$$

ここに、Z:河床高さ、λ:空隙率、 q_B :掃流砂量、B:流路幅、t:時間、x:場所、上記の条件を満足する式は、例えば、流砂量式にBrown式を用いたとき、

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{B_0}{B} \right)^{0.0951} \cdot \left(\frac{n_0}{n} \right) \cdot \left(\frac{A_0}{A} \right)^{0.855} \quad (2)$$

ここに、I:河床勾配B、n:Manningの粗度係数、A:その地点より上流の流域面積を得た。また、河床の粒径が混合粒径のとき、流砂量式に土研式を用い、特定の粒径の河床に占める割合 i_b の時間的変化 $\partial i_b / \partial t$ は0として、式(2)と同様に次式 i_b

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{B_0}{B} \right)^{-0.011} \times \left(\frac{d_{m0}}{d_m} \right)^{-0.017} \times \left(\frac{A_0}{A} \right)^{0.826} \times \left\{ \frac{\sum i_{b0} F(\tau_0 / \tau_{ci})_0}{\sum i_b F(\tau_0 / \tau_{ci})} \right\}^{0.81} \quad (3)$$

ここに、 i_b :特定粒径が河床中に占める比率である。

b)流路幅、砂防対象河川では、地形的に流路幅が規定される場合が多い。このときは、その幅を用いる。堆積地で、流路面が選べるとき、水理学的に安定な幅をとる必要があるが、現在明確でない。流路幅を規定する式に2つの流れがあり、1つは幅Bが流量の1乗に比例する²⁾というもの他の一つはregime式に見られるBが流量の1/2乗に比例とする³⁾ものである。

流れの横断面の安定は、流れの中に生じる二次流が安定であるという考え方につ。安定な二次流によって形成される縦渦の直径は水深に近い。従って、二次流によって直径が水深と同程度の縦渦が発生するとされている。移動床では、この流れの中に縦渦が偶数個存在するときに安定といえる。これらの効果は未知のものばかりで、モデル化されていないが、原型および、実験による水深と流路幅の関係にはこれらの効果を表しているはずである。

日本の河川は地形的制約あるいは護岸によって、二次流が流路幅におよぼす効果は明確でないが、護岸のない自然水路に近い河道では、流量の増加に伴って流路幅が拡大するとき、水深の2倍で段階的に増加することが予測できる。そこで、平均水深 h_m と流路幅Bとの関係を、

$$h_m = \alpha_0 B^{N+1}, \quad \alpha_0 = \frac{1}{2\beta} \quad (4)$$

ここに、Nは指数、βは2の倍数と表す。もし断面が長方形断面と見なせるときは、

$$A = \alpha_0 B^{N+1} \quad (5)$$

と表される。式(4)が横断面が平衡な条件を表すものと

