

建設省 土木研究所 正員 土屋昭彦  
 〃 淀川工事事務所 〃 星畑因松  
 〃 土木研究所 〃 O 浜心武治

## 1. まえがき

川はいきものである。その名の通り、川は諸々の要因により、いろいろな形へと変わり、又変えられてゆく。それゆえ、そういった河道の諸特性を適確に把握できれば、この「川」がどのような「川」か、また、この「川」をどのようにすればよいが、さらに、どのようにすれば治まるか、といった問題にまでも、よりよい解を得ることができると思われる。

そこで、治水に知る必要のあるこの河道特性について、それを理解するには、まず河道の特性を、うまく表現することが必要となつてこよう。この必要性を満たすべきことを目的として、我々は中部の豊川・矢作川を対象河川として、横断形状の特性を、平均河床からの標準偏差をもちいて、数値的に、またグラフ的に表わすことを試みたので以下にその試みの結果を述べる。

## 2. 横断形状の特性

### 2.1 標準偏差式

標準偏差を求める式は、一般に式(1)の形をしているが、これを本計算に適したように諸値をおきかえ、積分形にしたのが式(2)である。

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_j (x_j - \mu)^2 \dots (1) \quad \sigma^2 = \frac{1}{B} \int_0^B (y_j - h_m)^2 dB \dots (2)$$

式(2)を以下のようにして解いてゆくと、式(3)を得る。

$$\sigma^2 = \frac{1}{B} \int_0^B (y_j - h_m)^2 dB = \frac{1}{B} \left[ \int_0^B y_j^2 dB - 2h_m \int_0^B y_j dB + h_m^2 \int_0^B dB \right]$$

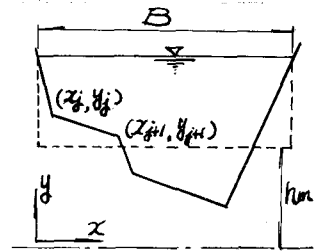


図-1 標準偏差式諸記号

ここで、 $y_j = \alpha \cdot X_j + y_{j+1}$  ,  $X_j = x_{j+1} - x_j$  ,  $dB = dX_j$  とおき、積分区間も  $X_j$  区間ごとにし、その総和をとる形にすれば、

$$= \frac{1}{B} \sum_{j=1}^{n-1} \left[ \int_0^{X_j} (\alpha \cdot X_j + y_{j+1})^2 - 2h_m \int_0^{X_j} (\alpha \cdot X_j + y_{j+1}) dX_j + h_m^2 \int_0^{X_j} dX_j \right]$$

これを解いてゆくと、

$$= \frac{1}{B} \sum_{j=1}^{n-1} \left[ \frac{\alpha^2}{3} X_j^3 + \alpha (y_{j+1} - h_m) X_j^2 + (y_{j+1} - 2y_{j+1} h_m + h_m^2) X_j \right] \dots (3)$$

ただし、B: 流量ごとの川巾

$h_m$ : 流量ごとの平均河床高

$x_j, y_j$ : 横断図を座標化した時の横・縦軸座標

$X_j = x_{j+1} - x_j$  ,  $\alpha = \frac{y_{j+1} - y_j}{x_{j+1} - x_j}$

兩岸の区間を計算する場合には、 $y_{j+1}$  と  $x_j$  の代りに、水面が横断図を横切る点の座標を用いる。

式(3)を使って、流量ごとの分散びき求め、標準偏差  $\sigma$  を求めた。

## 2.2 モデル断面による標準偏差

そこで、まずいくつかのモデル断面を想定して標準偏差を求め、径深尺との相関をグラフ化したものを、図-2(a)(b)に示す。

まず、三角形・台形断面(図-2(a))についてみると、いずれも $h-R$ 曲線は放物線形を示すと思われる、その勾配は三角形断面の方が一般に急である。

次に台形断面に少し手を加えた断面として、河床傾斜・河床凹凸の断面(図-2(b))についてみると、いずれもその $h-R$ 曲線は、勾配急変突をもつ。

次に複断面について、その $h-R$ 曲線を見ると、図-2(b)に示さるようなS字型になっている。この $h-R$ 曲線がS字型か否かが、単断面・複断面を見分ける有力な手がかりとなることは、確かである。そして、S字型の $h-R$ 曲線中、高水敷が影響するのは、 $h$ が急激な増加を示す部分であり、この部分に注目すれば、その断面における高水敷の規模・性質等が推測できよう。

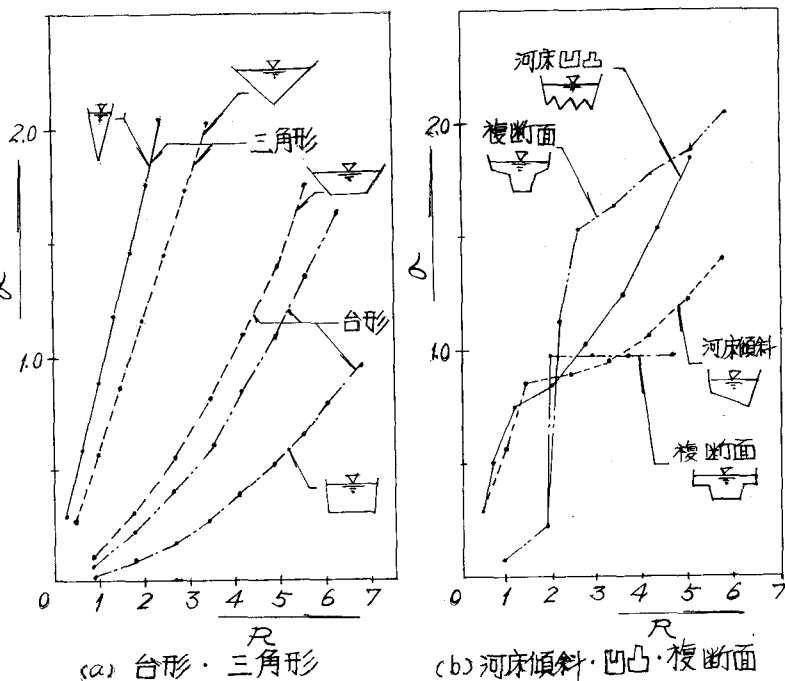


図-2. モデル断面 $h-R$ 曲線

## 2.3 矢作川の横断標準偏差

横断形状を標準偏差にて表わす試みを、矢作川について行ってみた。その結果の $h-R$ 曲線及び横断面図を抜粋して示すと図-3, 図-4(a)~(d)である。

このように、 $h-R$ 曲線と横断面図を参考にして矢作川横断を1kmピッチでとり出し、分類してみたのが図-5である。これを①~④は単断面、⑤~⑦は複断面といった分類してみると、上流から下流に行くに従い、複断面の多い河道横断構

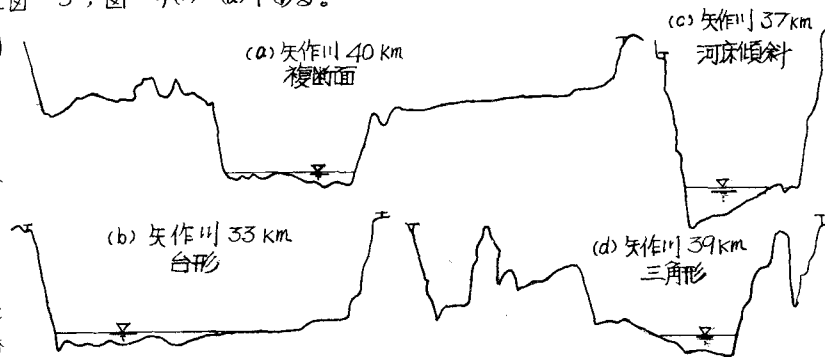


図-4 矢作川横断面図

成から単純な単断面の多い構成へとがゆつてきているのがわかる。次に複断面の場合のみとり出し、その $\sigma-R$ 曲線を示したのが図-6であり、 $H \cdot W \cdot L$ の場合の総川巾 $B$ と高水敷巾 $BF$ との比 $BF/B$ と比較してみたが、ほぼ $BF/B$ が大なるほど、標準偏差の増加が大となっている。

次に各断面の $H \cdot W \cdot L$ の場合の標準偏差が、河道を通じてどのように変化しているかを以下のように

$$\frac{\sigma \times B}{AA} = \frac{\sigma \times B}{HH \times B} = \frac{\sigma}{HH} \div \frac{\sigma}{R}$$

ただし  $\sigma$  : 標準偏差

$AA$  : 流積

$B$  : 川巾

$HH$  : 平均水深

$R$  : 径深

して無次元化した値をも、  
T表ゆすと、図-7の様になる。  
これを見ると、上流では、 $\sigma/R$ が0.5にもなる断面があるが、35kmから下流は、ほぼ0.3~0.1の向におさまっている。

この $\sigma/R$ が0.3~0.1という値が、粗雑な河道といえるか、なめらかな河道

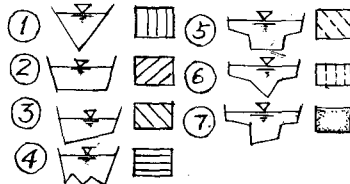
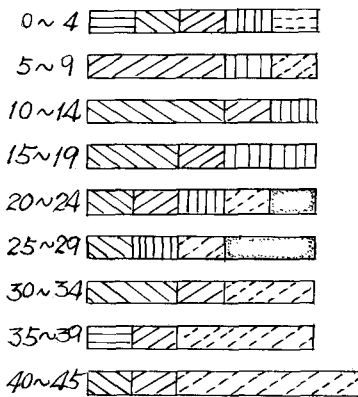


図-5 矢作川横断変化図

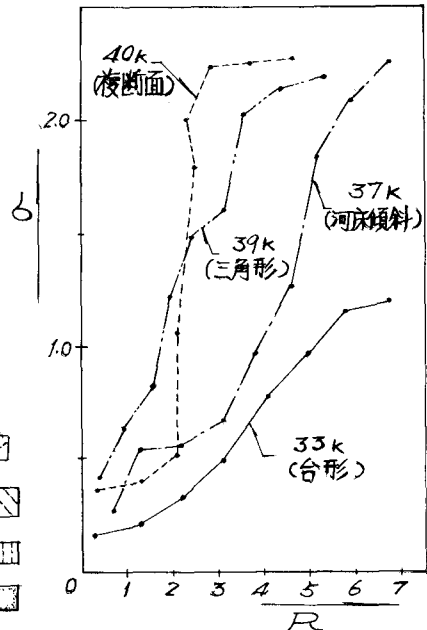


図-3 矢作川 $\sigma-R$ 曲線

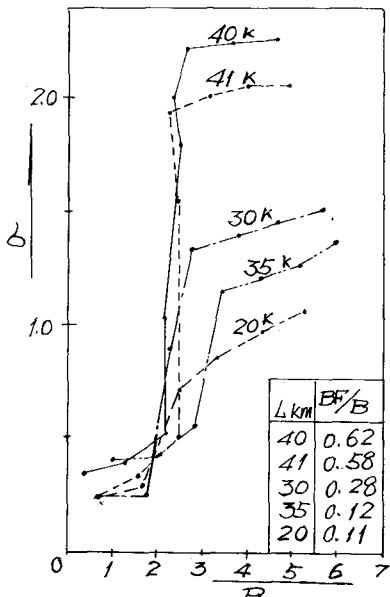


図-6 矢作川 $\sigma-R$ 曲線

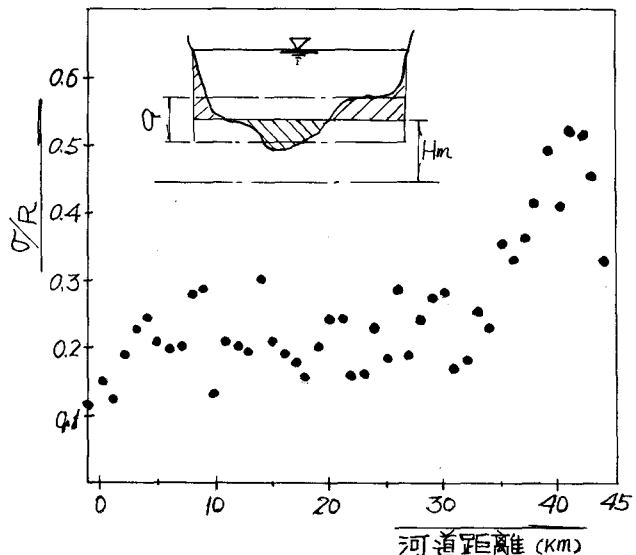


図-7 矢作川横断 $\sigma/R$ 変化

といえるかは、他の河川にもこの方法を適用してみ、相対してみないと何とも言えない。

### 3. 縦断方向への適用

標準偏差にて河床形状を表す方法を、縦断方向にも適用してみたので、この結果もあわせて報告する。計算には、一般式として(4)式を、本計算に適したように諸値をおきかえて、(5)式を作り、この式を使用した。

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad \text{----- (4)}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^N (H_i - H_f)^2 \quad \text{----- (5)}$$

ここで、 $H_i = H_{ui} - H_{li}$

$$H_f = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} H_i \quad \text{----- (6)}$$

サフィックスの $u$ は、横断等分割の左岸からの順番  
 $u, l$ は、互に相隣る上・下流の各断面を表すもの  
で  $u$ が上流、 $l$ が下流を表す。

また2断面間の距離を $l$ とすると、式(6)より、 $H_i$ は  
 $i$ 番目の分割断面の上・下流平均河床高の差を、 $H_i/l$   
はその河床勾配 $I_i$ を表わし、 $H_f$ は $H_i$ の全断面の平均  
値を、 $H_f/l$ は2断面の平均河床勾配  
 $I$ を表わすといえよう。

従って、(5)式によって求められる縦断  
方向の標準偏差は、平均河床勾配 $I$ に対す  
る各分割断面の河床勾配のバラツキを表  
わしているとも言え、この値の大きいこ  
とは、2断面間での河床凹凸の激しいこ  
とを示し、一概に平均河床勾配をとり得  
ないことを示唆するものと言えよう。

この試みを矢作川 200 mピッチの横

断面に対して行なった結果を、1 km ごとに表わすと図-10の様である。ここで、ある断面と相隣る  
下流断面のそれぞれの径深の平均値 $(R_u + R_l)/2$ をもらって径深 $R$ とし、この値で標準偏差を割る  
ことにより無次元化している。

縦断方向への適用は、現在のところまだ十分な解析、考察を試みていないのでこの程度にとどめる  
が、さらに何らかの試みを行なつてみたいと考えている。

### 4. あとがき

最後に、本研究を遂行するにあたり、貴重な資料を多数提供していただいた豊橋工事事務所の方々  
に、又本研究の初期段階を担当された河川研究室・矢ヶ崎技官に深く感謝の意を表します。

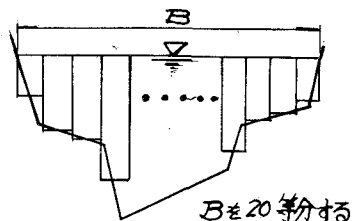


図-8 横断等分割

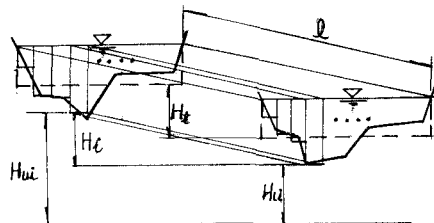


図-9 諸記号説明

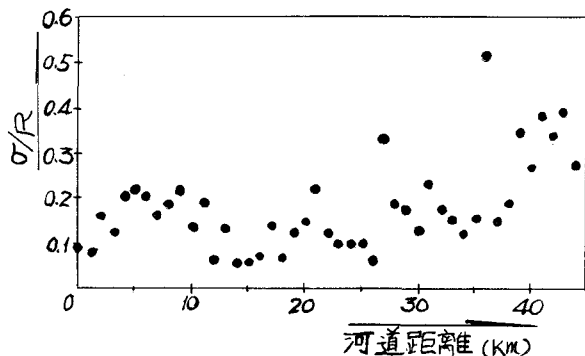


図-10 矢作川縦断の $\sigma/R$ 変化