

蛇行流と河道形状に関する研究(2)

北海道開発局 正員 山口 甲
同 上 西村 豊

1. ま え が き

自然河川における蛇行流および砂洲の消長は、河岸欠陥、蛇行の助長をもたらす。河道計画に多くの問題点を提起している。本文は前報¹⁾に引続き、蛇行長とつりこの補正を加えるとともに、弯曲部における流れと水路の弯曲形状の関係について述べるものである。

2. 蛇行長

河床砂礫の流路の蛇行性による効果については、これまで多くの研究がある。Achersら²⁾は平均粒径 d_m と蛇行長 L の関係として、 L は $d_m^{-0.3}$ に比例するとしている。またSchumm³⁾は砂礫中のシルト(0.074 mm以下)の含有比率(パーセント)を M とあるとき、 L は $M^{-0.74}$ に比例することと指摘した。筆者も先き¹⁾に d_m によって河床砂礫の効果と表わしたが、比重が異なる場合はさらに L が違った値をとることが明らかになった。これまで検討してきた河川の砂礫比重は、いずれも $\rho = 2.65$ であったが、和天別川の砂礫は頁岩、火山灰粒が混入した礫であるため、 $\rho = 2.20$ と小さく、蛇行長も小さい。比重の効果と考慮して次式のような関係を求めた。

$$\frac{L}{d_m} = 38 \left(\frac{\rho}{S} \right)^{-1} \quad (1)$$

ここで、 L :蛇行長(m) d_m :平均粒径(mm)

I :水面勾配 S : $(\frac{\rho}{S}-1)$ 砂礫の水中比重

和天別にありでは、従来から洪水時の河岸欠陥が大きく、河道災害が多い河川として注目され、河道改修計画と問題視されていたが、この比重が小さいことによることが指摘される。おそれ、蛇行長が短いので、一定の河道区間延長において水衝部が他の河川に比べて40%も多いことである。このことが河道災害箇所が多い、欠陥の規模を大きくしているものであろう。

蛇行流の大きさは、流量規模によって変化することはいく観察されることである。和天別川では洪水時(昭和41年4月28日)

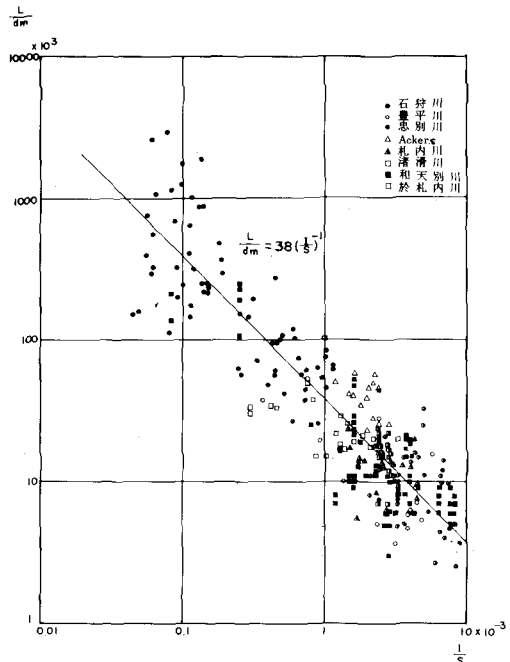


図-1 $\frac{L}{d_m} \sim \frac{1}{S}$

に航空写真で浸水流と撮影し、表面流速を団化した。また昭和41年の平水時の航空写真があるから、それと比較することによってその差異と読み取り、これからその水理特性の変化に伴う蛇行流の変化は、式(1)では充分である。二水時の研究によると蛇行流は与り流速 Q のみならず、水深 h_w にも比例する。この蛇行流の性質をより検討する場合に、 h_w は注目すべき成果である。特定の河道区間において水理特性の遷移をとらえるには充分である。石狩川の 0 ~ 90KM 区間の浸水、平水時の航空写真に基づいて検討した結果、水深 h_w 、水路幅 B 、と L には次のように表わすことができる。式(1)と改定される。

$$\frac{L}{d_m} = 2.5 \times 10^3 \left(\frac{B}{h_w} \right)^{-1} \left(\frac{1}{S} \right)^{-1} \quad (2)$$

式(2)は更に次のように整理できる。

$$\frac{L}{d_m} = 2.5 \times 10^3 \left(\frac{h_w}{d_m} \right) \left(\frac{B}{h_w} \right)^{-1} z_*^{-1} \quad (3)$$

$$\frac{L}{h_w} = 2.5 \times 10^3 \left(\frac{B}{h_w} \right)^{-1} z_*^{-1} \quad (4)$$

$$\Rightarrow z_* = \frac{u_*^2}{g \left(\frac{B}{h_w} - 1 \right) d_m}$$

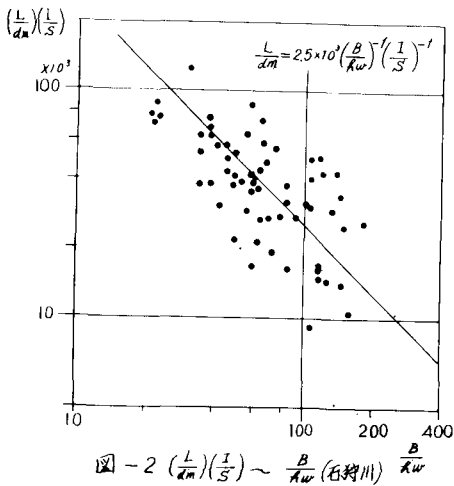


図-2 $\left(\frac{L}{d_m} \right) \left(\frac{1}{S} \right) \sim \frac{B}{h_w}$ (石狩川)

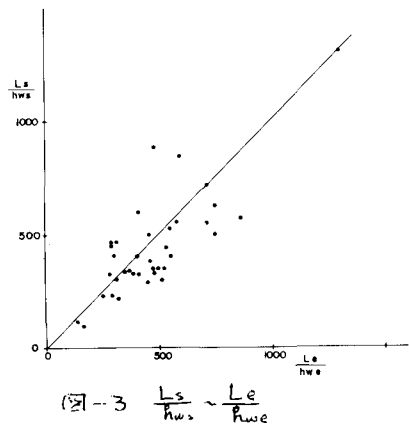


図-3 $\frac{L_s}{h_{ws}} \sim \frac{L_e}{h_{we}}$

式(2)から、石狩川の例を図-2示す。式(1)より精度よく表わすことができる。

また、昭和41年4月28日の浸水時、および昭和46年5月の平水時の同一蛇行流についてその長さとしてそれぞれ L_e 、 L_s 、水深を h_{we} 、 h_{ws} とし、図-3に示してある。 L/h_w は同一地点で常に一定値のようである。しかし、河道改修計画では、河床の掘削、セコトカットによる水面勾配 I の変化による I の変異計画がある。それらの変化は L の変化をもたすことが予想される。治水設計上、留意すべき重要な事項である。

蛇行河川に於ける弯曲部では、うせり流が発生して、複雑な流れを示しているが、ここでは表面流速の分布についてベクトル図から分析する。蛇行河道の形状を最深線(Thalweg)とて、河道延長200mの偏向角を θ とし、また速度ベクトルの傾流角を ϕ とすると、 $\theta \sim \phi$ の間、 K -一定の関係があることがわかった。

(1) 洪水時に於て直線状河道では Thalweg 上の流れは $\phi = \theta$ となることとなる。

(2) θ が大きくなり河道が弯曲する場合 ϕ は大きくなるが、今回の $V = 1.5 \text{ m/s}$ の場合 $\theta = 20$ 度で傾流角 ϕ は 13 度となり極値をとる。

(3) $\theta > 20$ 度では順次減少し、強制流となり Thalweg の方向に沿った流れに近くなる。

これらのことは、弯曲流の度合と河道形に位相差があることを示している。弯曲率に於て河岸侵食が起り易い河道とそうでない河道が生ずることを示しており、河岸欠陥防止対策上注目すべきことである。また河道中Bに対する Thalweg の凸岸側の距離を b とすると、 b/B は図-5 に示すように遠心力 V^2/R に於て表わすことができる。

(1) 曲率半径 R が大きい直線状河道では b/B は小さく、 R が小さくなるにつれて Thalweg は凹部に寄る。
 $V_R = 0.006 \sim 0.008$ 附近で、 b/B は最大 0.95 程度になる。

(2) $V^2/R < 0.005$ ならば Thalweg は河心に近い位置にある。

(3) $V = 1.5 \text{ m/s}$ の場合に於て、図-4 に plot すると、 $\theta \sim \phi$ の関係図と同じように、 $\theta = 20$ 度附近で極値を示す。

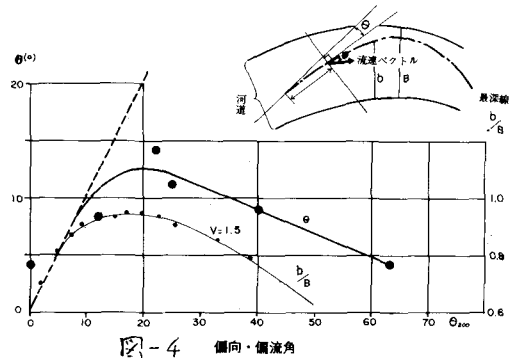


図-4 偏向・傾流角

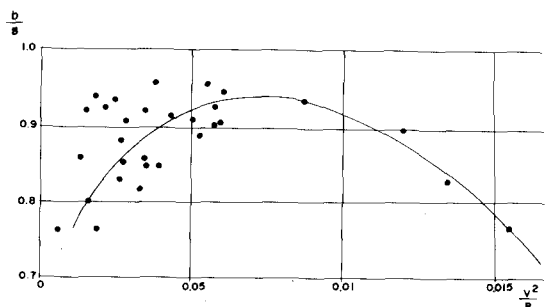


図-5 $\frac{b}{B} \sim \frac{V^2}{R}$

4. おわりに

以上をまとめると、次のようである。

- (1) 弯曲部と Thalweg は沿って蛇行距離と蛇行長といた場合、 L は河床の平均値を d_m 、平均水深 h_w 、水面巾 B 、水面勾配 I 、砂礫の水中比重 S で表わすことが出来る。

$$\frac{L}{d_m} = 38 \left(\frac{I}{S} \right)^{-1}$$

又は石狩川に於ては更に次のように表わされる

$$\frac{L}{h_w} = 2.5 \times 10^3 \left(\frac{B}{h_w} \right)^{-1} \cdot I_*^{-1}$$

- (2) 弯曲部の Thalweg の偏向角 θ と Thalweg 線上の偏流角 ϕ に一定の関係があり、 $V = 1.5 \text{ m/s}$ の場合 ϕ は $\theta = 20$ 度で極値の 13 度となる。

- (3) Thalweg の横断方向の位置は流速の速心力 $\frac{V^2}{R}$ と関係がある。

蛇行河道における蛇行長、弯曲部の水理現象については種々な問題であり、石狩川と中心に 2, 3 の分析を行なったが、今後とも更に検討を行ない、他水路の維持、治水の疎通化に努める必要がある。

参考文献

- 1) 山口 甲 西村 豊 蛇行流と河道形状に関する研究 土木学会北海道支部研究発表会論文集 第29号 昭和48年2月
- 2) P. Achters, F.G. Charlton The Geometry of small meandering streams. 1970 supplement (XII) 7328S The Institution of Civil Engineers Proceeding, London
P. Achters, F.G. Charlton The slope and resistance of small meandering channels 1970 Supplement (XV) 7362S. The Institution of Civil Engineers Proceeding, London.
- 3) Schumm Meander Wave Length of Alluvial Rivers, Science N. Y., 1967 Vol. 157 No. 3796