

1. はじめに

沖積河道の特徴はその蛇行性、Bars の存在にあると言つて良い。この Bars の動き、変動性を河道平面計画の中にどう位置づけるかは、河川計画論の基本問題である。近年にいたつて、計画高水量の改訂に伴う河道坂削や、骨材不足に伴う河川砂利の不足おしという気運が強くなり、筆者の職場でもこれらに関する模型実験の依頼が多くなり、新に河川河道法線形をどうするかが問題となつてきた。上述の問題に対しては、河道に対する考え方や、河道にどれだけの投資するかで変わるもので、一概にどの法線形にするべきであるとは言えず、個々の河川ごとに実践的に解決していくしかあるまい。ここでは、これらの問題に対する基本となる沖積河道の実体面について二、三ふかいてみる。

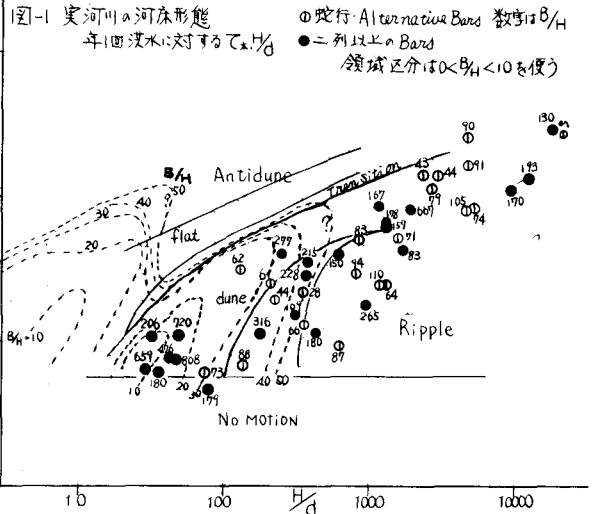
2. Bars の発生領域

話を単純化するために直線河道の場合について考えてみよう。このような流れの場の状態量入を定める要因をいろいろとすると、流体の特性 ρ, ν 、底質の特性 ρ_s, d, σ 、流れの構造 u_x, H 、水路の特性 B 、場の特性 g である。ここで σ は底質材料の標準偏差である。混合粒径河床の場合、粒度分布形そのものが一つの factor であるが、ここでは σ で代表しておく。次元解析より

$$\pi_1 = f(u_x d / \nu, u_x^2 / g d, H/d, B/H, S, d/\sigma) \quad \text{----- (1)}$$

となる。 $u_x d / \nu$ の効果があまり無いと考えらる $d > 0.02 \text{ cm}$ 以上の内外の資料を (1) 式によって整理してみると図1となつた。図中の黒線は $B/H < 10$ 以下の小規模河床波の領域区分を示したものであり、点線は Bars の発生領域である。これによると B/H が大きくなるほど Bar の発生領域が増していく。 B/H が 40 より大きいと、実験室内の資料が無いため中規模砂州形態の発生限界を示すことができないが、その領域は広がっていくものと思われる。 H/d が大きく B/H の大きい場合は、実験が困難なので、実河川より求める必要があろう。そこで沖積層を流れる一般河川の河床を調べてみた。(解析の対象としたのは、ほとんどが河口近くである。) 河床は平面図、横断面図、航空写真より判断し、疑問のあるものは、直接担当工事を務前に聞いてみた。河床としては、蛇行

(Alternative Bar) と二列以上の Bars (縦列) の存在する河川に分けた。なお H/d が非常に大きい河川では Alternative Bar と Lower Regime が共存し、Bar の前面の勾配も緩く、展形的な Bar 形状と多少異なるが、その発生原因は同一と考えらるため Bar とみなした。次に中規模河床形態を作った流量本とどれくらいの問題になるか、本解析では年一回洪水流量を取った。で、 H/d は、河床勾配と粗度より等流水深を求め、これより H/d を求めた。 B は洪水時川幅とれた。図1はその結果であるが、これによると B/H が 100 以上では、で、 B/H によらず、ほぼ二列以上の Bars が存在している。また蛇行の発生域



は、実験室内の範囲より広いようだ。ただ実河川の場合、直線河道ではないので、蛇行 (Bar) を発生せしめる擾乱要因が多いこと、河床形状を作った流量が年一回位の洪水かどうかの問題が残る。

そこで年一回の洪水は、河道に対してどのような流量であるかの検討の一つとして、河道の平均粒径と年一回に対応する洪水の U_*^2 との関係を調べてみた。その結果が図2で、 $d > 1\text{cm}$ 以上では河床の粒径は、年一回の洪水で動く限界粒径より多少大きいといえる。しかし粒径が細くなると、 τ_* が1から2にも達する。このことは粒径の細かい河川では一つの洪水で、種々の河床形態を持つことを意味し、中規模河床形態も、どの流量で生じるかも明確でなく、図1の実河川の資料は参考程度にとどめるべきであろう。

3. Barsのスケール

実験室内の資料の Barsのスケールを整理してみると、Alternative Bar 長 L_s および Bar 高 H_s は

$L_s/B = 2 \sim 10$, $H_s/L_s = 0.01 \sim 0.03$ の間で点がちらばり B/H , H/d , τ_* との有意な差は明確でない。この結果は、 τ_* が0.5, H/d が50 以下の場合であるが、 τ_* が大きく H/d が大きい場合はどうなるかであろうか、二、三の例を示してみよう。i) 利根川 40~50Km地点、 $H_s = 8 \sim 10\text{m}$, $L_s = 1000 \sim 1200\text{m}$, $B = 360\text{m}$ ii) Donau川, 20~30Km地点 $H_s = 7 \sim 8\text{m}$, $L_s = 1000\text{m}$, iii) Wei chel川 140~150Km地点 $H_s = 5 \sim 6\text{m}$, $L_s = 1000\text{m}$, $B = 350\text{m}$, ii) iii) の河床材料がどのくらいか分らないが、利根川の例を見ると、 L_s は H/d が小さい場合と同程度であり、 H_s/L_s は H/d が小さい場合の H_s/L_s の小さい値に近い。このことは、 τ_* , H/d が大きい場合も H_s , L_s は B に比例したスケールになるであろうことを示している。また河川の蛇行長は $2L_s$ になることが分かっている。図3は蛇行長と川幅 B の関係を示したもので $\lambda = (6 \sim 15) B$ にあり、交互砂州の L_s に対応した長さになっている。以上のように H_s , L_s はほぼ B に比例するが、その変動幅は大きい。

この変動幅を水理量の変化によって説明しようとしてもあまり成功する見込みはないと思われる。むしろこの変動幅こそ Bars の特性として把握する立場に工学的に立つべきであろう。(流砂量の非予知性や、擾乱因の発生速度が、 H_s , L_s に影響を及ぼさるようだ。 H_s , L_s は流量増によって大きくなるという実験結果と、短くなるという実験結果があり、これは粉砂との関連があるように思える。)

4. 模型実験上の Bars と実河川の対応

模型実験を行なう場合、(1)式を同一とすれば良い。このような条件を満足した手取川河口の模型 (0~4.2km) 実験 (縮尺 1/60, 模型河床材料 $d_m = 0.1\text{cm}$ で粒度分布は、ほぼ現地と同じ) の場合、現地の細粒 Bars を模型の上で再現でき、 L_s , H_s , および粗度の相似性も満足いくものであった。以前当所で行なった信濃川模型の場合には平均粒径の相似性を命じても、粗度分布形は模型の場合均一粒径 ($d = 0.023\text{cm}$) であつたので、砂いんが発生し、粗度が命じた種々の問題が残った。ただ蛇行や Bars 長は水路の幅 B によってほぼ決まってしまうから、粗度を命じせるようにすれば、多少歪や、粒径の相似が命じなくても、深堀り部を命じせること不可避であろう。事実利根川の実験 (全長 2, 模型粒径、石炭粉 $d_m = 0.02\text{cm}$, 現地 0.02cm) では、深堀り部の位置がほぼ合っていた。もちろん初期河床形によって流砂の特性が支配されてしまっているから、長時間後に起る現象には多少不安は残ろう。

5. あとがき、本解析するのに多くの参考文献を使った。特に木下氏の論文には多くの点で教えられていることが多いため、紙数の関係で参考文献を上げないが、後に資料集として発表したいと思っている。

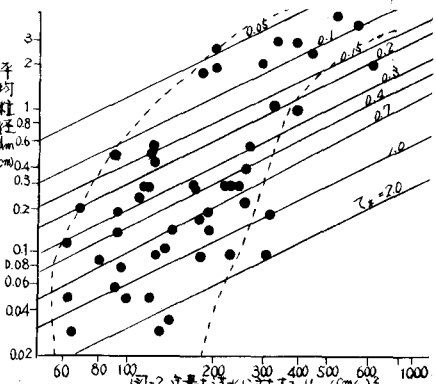


図2-年最大洪水に対する $U_*^2 (\text{cm/s})^2$

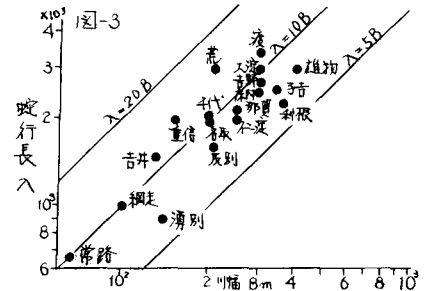


図3-蛇行長と川幅 B の関係