

II-132 実河川における局所洗掘と側岸浸食の特性について

北海道開発局開発土木研究所 正員 渡 邊 康 玄

1. はじめに

河道計画を立案するうえで、河道の状況予測を行うことは、今後の河道維持に関わって来ることであり、非常に重要な事項である。また河川事業の進捗に伴い、河川災害は堤内災害から堤外災害の占める割合が増大してきており、堤内災害もさることながら、堤外災害の防止のためその発生機構を解明することは、河川事業を進めるうえで必要不可欠となってきた。

本報告では、堤外災害として、発生頻度の比較的高い局所洗掘（深掘れ）及び低水路河岸の側岸浸食に着目し、これらの現象がどのような特性を持っているかを検討し、さらに単純な解析でどこまで実河川の現象を把握出来るかを検討するものである。

2. 対象河川及び対象洪水

対象河川は、北海道における一級河川とし、治水上重要な区間を扱うこととした。また対象洪水は、解析可能な、データの揃っている比較的最近生じた洪水とし、しかも低水路の河床及び河岸を解析対象としているため、出来る限り低水路満杯程度の洪水とした。対象河川及び対象洪水等を表-1にとりまとめた。

また、各河川の特性を把握するため、解析対象洪水の水理量を利用し、黒木・岸¹⁾の規模河床形態の領域区分図にプロットしたものが図-1である。これからわかるように、解析対象河道は、非砂州、単列砂州、複列砂州全ての領域に位置しており、河床形態の違いによる深掘れ及び側岸浸食の発生の違いの検討を可能としている。そこで、本報告ではこの領域区分図を利用し検討することとした。

表-1 検討河川及び洪水

河 川 名	検 討 区 間	対 象 洪 水	流 量 ^{m³/s}
後志・利別川	KP16.0~KP21.0	昭和56年8月洪水	667
尻 別 川	KP 3.2~KP 8.2	62年4月融雪	894
鶴 川	KP 9.0~KP18.0	54年10月洪水	689
忠 別 川	KP 9.0~KP20.0	56年8月洪水	397
天 塩 川	KP65.0~KP74.0	56年8月洪水	2,971
十 勝 川	KP72.0~KP79.0	50年8月洪水	1,020
札 内 川	KP 7.0~KP14.0	50年5月洪水	560
声 聞 川	KP16.0~KP21.6	56年8月洪水	385
湧 別 川	KP 5.0~KP13.0	50年8月洪水	768
釧 路 川	KP68.0~KP71.8	56年10月洪水	391
豊 平 川	KP17.6~KP21.2	50年8月洪水	1,242
雨 竜 川	KP15.0~KP25.0	50年8月洪水	1,200

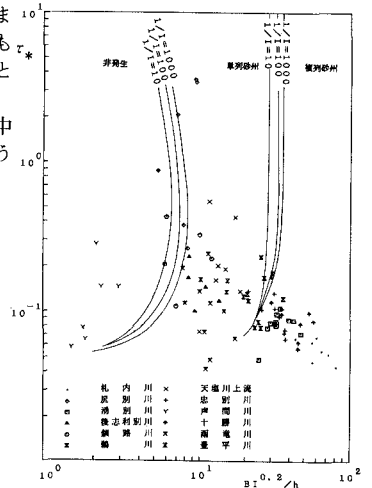


図-1 河床形態領域区分

3. 検討方法

3-1 局所洗掘（深掘れ）

深掘れの発生原因については様々な要因が考えられるが、ここでは河道の平面形に焦点を当て、河道の曲率と深掘れ量との関係を検討することとした。問題を単純化するため、従来より提案されている一様弯曲水路における深掘れ量再現式²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾及び北海道の代表河川である石狩川のデータを基にした経験式⁶⁾と実測値との対比を行うこととした。その一例を鶴川について図-2に示した。なお、鶴川の場合経験式の再現性が最も良い結果を示した。

深掘れ量再現式

$$\text{経験式（石狩川のデータ）} \dots \frac{\eta}{H} = 0.15 + 2.0 \left(\frac{B}{r_0} \right)^{1.5}$$

$$\text{一様弯曲式} \dots \frac{\eta}{H} = N \cdot \sqrt{\mu_s \mu_k \tau_* / \tau_{*c}} \frac{B/2}{r_0}$$

$$N = \begin{cases} 11 \sim 11.5 & \dots \text{Engelund} \\ 1.226 (\sqrt{2/f_0} - 1.584) & \dots \text{Rozovskii} \\ (4.52 + 8\sqrt{f_0} + 13.56 f_0) & \dots \text{Zimmermann} \end{cases}$$

ここに、

r_0 : 河川法線の曲率半径 H : 断面平均水深 R : 径深 η : 深掘れ深 i_b : 径深 i_b ; エネルギー勾配 U_0 : 平均流速 μ_s : 砂粒の静止摩擦係数 μ_k : 砂粒の動摩擦係数 τ_* : 無次元掃流力 τ_{*c} : 限界掃流力 f_0 : 摩擦係数

3-2 側岸浸食

側岸浸食は、掃流砂量の縦横断面方向の差及び土質等によって規定されている。これらを用いて側岸浸食を考える場合、河岸の土質を調査し河道内の流れを解く必要があるが実際に解く事は非常に煩雑となる。このため、ここでは河岸浸食が偏倚流速に比例して生起するという立場に立ち、実河川の側岸浸食と偏倚流速との関係を見ることとした。ただし、解析に用いた偏倚流速は比較的単純な形をした線形偏倚流速解⁹⁾を用いることとした。図-3は、釧路川における偏倚流速と側岸浸食との対応を見たものである。

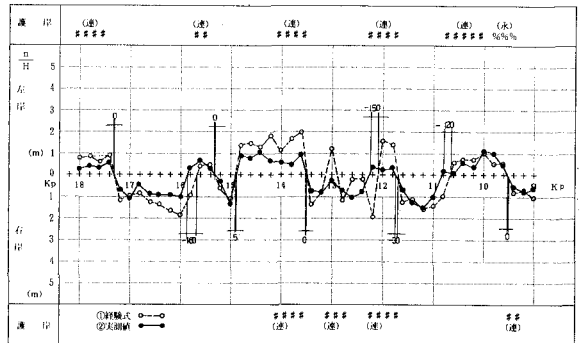


図-2 局所洗掘再現結果

偏倚流速解 $u = -xC_s(s) + \int_{-\infty}^s C_s \{ (A+2)x^2 + F^2 x^3 \} C_s(s') \exp \{ -2xC_s(s-s') \} ds'$
 $x = \sqrt{l_0/l}$ l_0 ; 河道直線距離 l ; 河道蛇行長
 $F = U_0/\sqrt{gH_0}$ $U_0 = U/x$ $H_0 = H/x$ U ; 平均流速
 $C_s = gH_0 l_0 / U_0^2$ l_0 ; 水面勾配
 A ; 洗掘係数
 $C_s(s) = BC/2$ B ; 河幅 C ; 河川の曲率

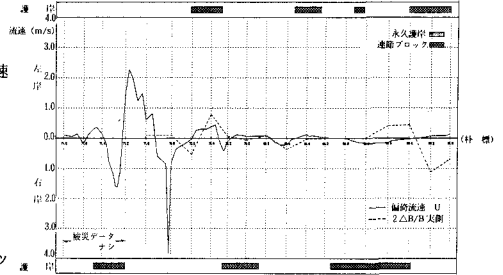


図-3 偏倚流速及び側岸浸食

4. 検討結果

4-1 局所洗掘（深掘れ）

図-4は、領域区分図を利用し上述した深掘れ再現式の種類をプロットしたものである。シンボルが大きい程適合度が良いことを示している。

非砂州領域にある声間川の適合度が落ちているのは、河道の平面形状が河道改修のためほぼ直線であることに起因しおり、河道の曲率のみの解析での限界であるように思われる。非砂州領域に近い釧路川でのEngelund式の適合性を見ると、非砂州領域での蛇行河川の深掘れはEngelund式である程度捉えることが出来るようである。単列砂州河川における経験式の適合性を見ると、砂州の存在する場合でも深掘れは河道の曲率に関係しているようである。このことは、河道の蛇行が限界蛇行角以上であると砂州が固定されることから理解される。しかし曲率半径が大きく砂州の移動が可能な場合は、天塩川上流のように適合性は悪くなる。また、砂州領域の河川でEngelund式による再現値が大きく成り過ぎ、小さめの値となる経験式の適合性が高い結果となったことは、洪水後の埋め戻し等の影響も考えられるが、2次流による河床材料の外岸側から内岸側への巻き上げ効果が見掛け上非砂州状態よりも弱くなっているかのようであり、興味深い結果となった。

4-2 側岸浸食

図-5は、前項と同様に領域区分図を用いて側岸浸食と偏倚流速との関係を見たものである。本報告で採用した偏倚流速解は、単純な断面を持つ河道を前提としているため、複列砂州河道は、適用外である。しかし今回の検討では、砂州非発生河川よりも複列砂州河道の方が比較的高い適合性を示す結果となった。一部の河川で偏倚流速が大きく計算されている個所の対岸の浸食等場所の不一致や適合性の悪い河川も多くなっている。このことは、偏倚流速解の精度に起因していると思われるが、今後更に他の諸要因（河岸の地形、土質等）とも合わせて検討する必要がある。

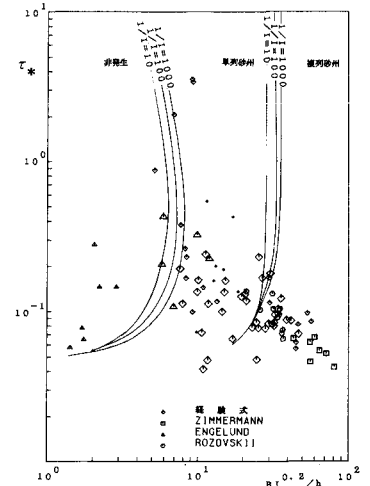


図-4 深掘れ推定式適合状況

5. おわりに

河道の平面形状に着目した深掘れの再現は、蛇行の顕著な河川では実測値との適合が見られ、平面形状の影響が強いことが確認された。さらに河床形態の違いにより適合する式が異なる結果となった。しかしながら砂州のあるような河川では、平面形状だけでなく流砂量の流下方向の変化や河床の構造をも考慮した検討が必要となる。一方、側岸浸食は、偏倚流速と密接な関係を持つことが実河川の検討でも確認できた。しかし、適合性は悪く流速解の精度の向上及び2次流の影響等を吟味して検討することが望ましい。

謝辞：本検討を行うにあたり、北大工学部長谷川和義先生に貴重な助言を頂いた。記して謝意を表わします。

参考文献

- 黒木幹男・岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集第342号
- Engelund, F. : Flow and bed topography in channel bends, Jour. of Hy. Div., ASCE, Vol. 100, No. HY 11, 1974
- Rozovskii, I. L. : Flow of Water in Bends of Open Channels, Academy of science of the Ukrainian S.S.R., Translated from Russian, Israel Program for scientific Translations
- 池田駿介：移動床河川の湾曲部における二次流と動的平衡河床について、土木学会論文報告集第229号
- Zimmerman, C. : Roughness effect on the flow direction near curved stream beds, Jour. of Hydraulic Research 15 (1977), No. 1, 1977
- 山口甲：沖積河川における河床砂礫と河道形状に関する研究、北海道開発局帯広開発建設部昭和54年5月
- 長谷川和義：沖積蛇行の平面および河床形状と流れに関する水理学的研究

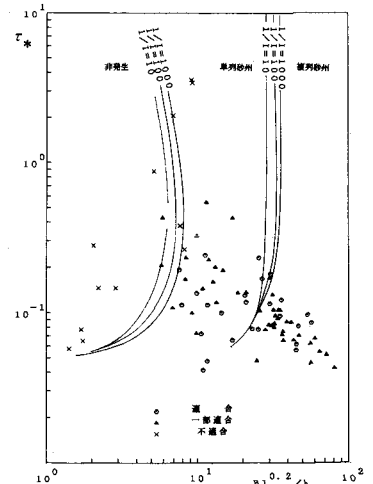


図-5 偏倚流速簡易解適合状況