

急流河川の河道形状と護岸根固工について

正 員	山	口	甲 *
正 員	○上	月	武 **
正 員	西	村	豊 ***
正 員	後	藤	哲 ***

1 まえがき

護岸根固工法は、従来、経験的な工夫にささえられ、理論的にあまり追求されていない。しかし、護岸の合理的、経済的な設計基準をつくることは、河川の河道災害を防止する上で非常に重要なことであり、設計に際して未解決の問題は多い。

また護岸根固工の合理的な設計基準を作るためには、施行される河川の河道形状を調べ、あらかじめ河道の変化を推定し、その変化の防止、変動に耐える根固工を考えなければならない。

これまで河川工学の分野では、河道の変化に関する調査研究は、流砂、湾曲流、蛇行など数多くの研究成果があるがまだ多くの問題があるようである。

本文は、北海道の主要な急流河川の河道形状を調べ、護岸のうちでも最も重要な部分である根固工に関する諸問題を実験的、理論的に追究するものである。

2 護岸根固工の問題点

根固工は、護岸の基部、すなわち護岸の最前面に施行して河床の洗掘に対処しようとするものである。したがって、根固工としては、流水に対して安定であり、屈撓性があり、耐久性が大きく、適当な粗度を有するものが理想的である。

従来、種々の工法が根固工として実施されてきたが、近年、コンクリートブロック工法が大きさ、形状を自由に選びうること、施行も容易であることなどから広く実施されるようになり、現在では、殆んどの根固工がこの工法よっている実状である。¹⁾ しかし、いまだにその工法は、経験的な工夫にささえられ、改良が加えられてきたものであるから、ある特定の河川ですぐれたものを、

条件の異なる他の河川にただちに利用するわけにはいかなく、また、だれでもが、どの河川においても設計するというわけにはいかない。

したがって種々の根固工ブロックの機能について調査し、河道の形状を検討し、普遍性のある根固工の設計指針としなければならない。

3 河道形状

豊平川・忠別川・落滑川・札内川の蛇行長 L 、蛇行水衝部の1年当りの移動距離 $\Delta \ell$ 、図-1に示す、河道断面諸元を調べ、河道の状況を考察した。

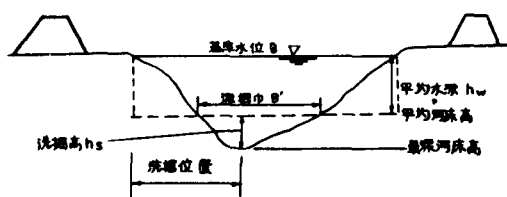


図-1 河道断面諸元

3・1 蛇行長

山岡氏等は、北海道河川の蛇行をスペクトル解析して卓越する蛇行長は、年平均流量とよく対応することを見出した。²⁾

$$\ell : 170 \cdot Q_m^{0.46} \dots\dots\dots(1)$$

ℓ : 卓越蛇行長

Q_m : 年平均流量 (m^3/sec)

また、欧米の諸河川の資料より、指数は0.46に近い値であることが述べられている。

山口氏は、石狩川について水際線から最大洗掘深が生じている位置までの距離を調べた結果、下流部の振巾は中、上流部に比較して特に大きく、中、上流部が約100mから300mであるのに500mにも及んでいた。³⁾

このことは、蛇行の発達に、流速、掃流力に加えて、土砂の供給が関係しているものと考えられる。そして、

* 北海道開発局 土木試験所河川研究室

** 同 上 主任研究員

*** 同 上 研究員

その土砂は主として、上流部の河岸や河床の侵食によって供給されるようである。

したがって、平均流径 dm を因子とした、P. Ackers and G. Charlton の実験式⁴⁾

$$\frac{\angle}{dm} = 10.33 \left(\frac{Q^2}{g \cdot dm^5} \right)^{0.257} \quad (2)$$

：蛇行長 (ft) dm ：平均粒径 (dm)

Q ：流量 (c·f/sec) g ：重力の加速度 (ft/sec²)

を参考に (L/dm) と ($\frac{Q^2}{g \cdot dm^5}$) を図示してみたのが

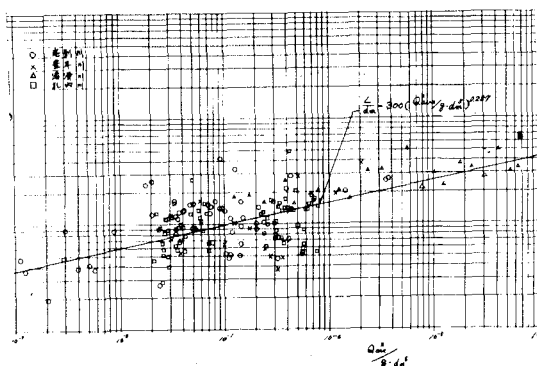
図-2 であり、各河川共に一定の傾向にあり

$$\frac{\angle'}{dm} = 300 \left(\frac{Q^2}{g \cdot dm^5} \right)^{0.257} \quad (3)$$

Q_{ave} ：年平均流量 (m³/sec)

ここで、重力の加速度： g (m/sec²) $\angle$ ：(m単位) の実験式を得たが、Acker が得た指数 0.257 に一致する値となった。

図-2



3・2 蛇行長と水衝部

図-3 に示す ℓ_1 を水衝部、 ℓ_2 を変曲線までの距離とすると蛇行長 L は、

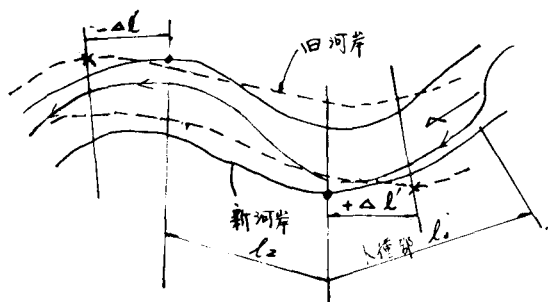


図-3

$$L = \ell_1 + \ell_2 \dots \dots \dots (4)$$

となる。したがって ℓ_1 が推定できれば

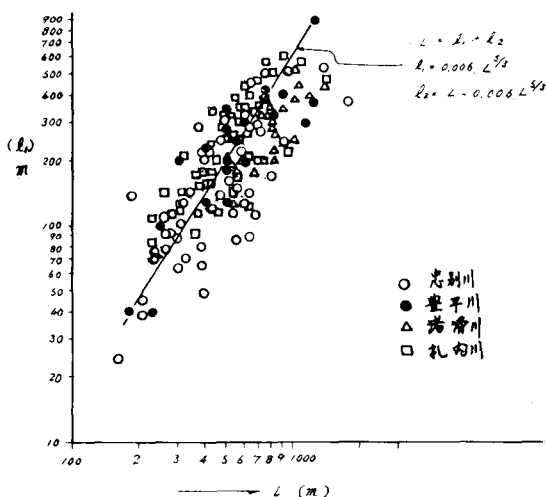
$$\ell_2 = L - \ell_1 \dots \dots \dots (4')$$

であり、流れが河岸に並行する流れ、すなわち、根固工の施行延長と、関係の深い値が推定される。

図-4 は、蛇行長 L と水衝部 ℓ_1 の関係を図示したものであり、各河川共に L と ℓ_1 の間に深い相関関係があり、

$$\ell_1 = 0.006 \cdot L^{5/3} \dots \dots \dots (5)$$

図-4 蛇行長 L と水衝部 (ℓ_1) の関係



L, ℓ_1 ：(m)

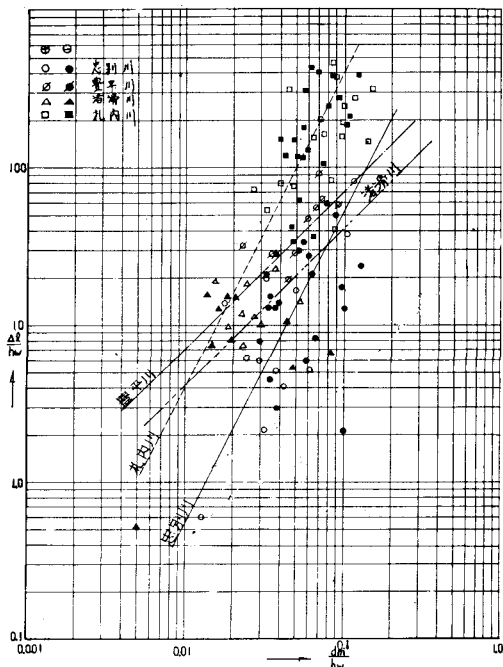
の実験式を得た。

3・3 蛇行の移行距離

自然河川の蛇行長は、流水により絶えず変化し、移動している。この移動距離を予知できると、護岸、及び、護岸根固工の施行進度を予測できることになる。

図-3 の $\Delta \ell'$ は約10年間の移動距離を縮尺1/2,500の平面数より調べたものでありこれを一年間の移動距離 $\Delta \ell$ (m/年) として、 $\Delta \ell$ と dm の関係を検討した。図-5 によって河川を総体的にみると、 $\frac{dm}{hw}$ と $\frac{\Delta \ell}{hw}$ には相関がみられ、 $\frac{\Delta \ell}{hw}$ は $\frac{dm}{hw}$ の3乗で表わされそうである。また河川毎には、札内川、忠別川が2乗で表わされ、特に札内川は移動距離も大きく、豊平川、渚滑川は1乗で表わされる。しかし $\frac{\Delta \ell}{hw}$ と $\frac{dm}{hw}$ に相関関係があるとはいえ、河川により特徴のある値を示しているため、この図を参考に、更に精度を高めるためには $\Delta \ell$ と、これに関係あると思われる因子についての検討が必要である。

図-5 $\frac{\Delta \ell}{h w}$ と $\frac{d m}{h w}$ の関係

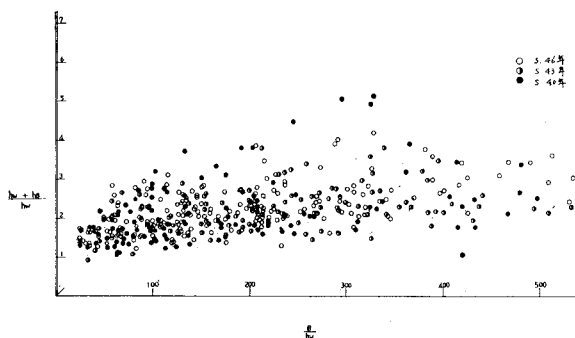


4 局部洗掘

蛇行河川の局部洗掘を予測できると、河川構造物、特に根固工の根入深さを決めるために、極めて重要である。

そこで、洗掘に関係のある因子について検討した結果低水路巾 B 、洗掘深 h_s として、 $\frac{h_w + h_s}{h_w}$ と $\frac{B}{h_w}$ との間には、各河川共、特色な値を示し、河川共通の因子を得るに至っていない。図-6に札内川の例を示すが今後、精度を向上させ、河川に共通する因子についての検討が必要である。

図-6 札内川 深掘高～河巾図



5 水理模型実験による局部洗掘の検討

根固工附近の洗掘、堆積の問題は、その施行される個

所が湾曲水衝部であることが多いこともあって、複雑な現象の結果であり、現地調査のみからでは、その全容を解明することは困難である。そこで個々の因子を取り出して水理模型実験によって影響度合を明らかにした。

5・1 実験の内容

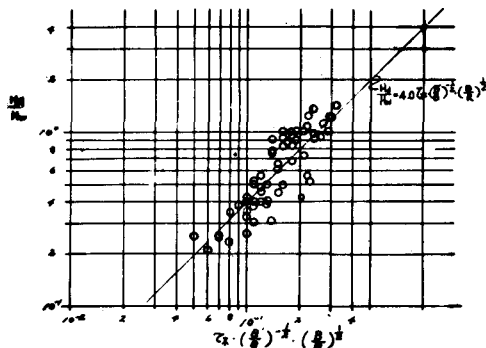
実験の内容は、土木試験所構内に設けた長さ3.5 m、巾1.5 mの移動床水路に、平均粒径 $d_m = 1 \text{ mm}$ の砂を敷き、北海道の河川で多く使用されている、六脚、三連、ホロスケーアー、合掌、4種類のブロックについて、それぞれ巾0.2 m、延長6 mを水衝部に敷設して、流入角度、河床勾配、流量を変化させて実験したものである。

5・2 最大洗掘深

実験の結果、最大洗掘の度合を $\frac{h_s}{h_w}$ として、掃流力関

数 τ_* 、曲率半径を R として、 $\frac{h_s}{h_w}$ と $\tau_* \cdot \left(\frac{B'}{B}\right)^{-\frac{1}{2}}$ 、 $\left(\frac{B}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$ との間に図-7の相関があり、

図-7



$$\frac{H_s}{H_w} = 4 \cdot \tau_* \cdot \left(\frac{B'}{B}\right)^{-\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{R}{R'}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

の関係式を得た。

5・3 洗掘延長

また、根固工の洗掘延長を ℓ として、 ℓ とこれに関係のあると思われる因子を調べると、 $\left(\frac{\ell}{B}\right)$ と $\tau_* \left(\frac{B}{H_w}\right)^{-1}$ には、図-8に示す相関があり、

$$\left(\frac{\ell}{B}\right) = 560 \cdot \tau_* \left(\frac{B}{H_w}\right)^{-1} \quad (7)$$

の実験式がえられた。

5・4 粗度と最大洗掘深

根固工の工法の選択に当っては、その工法のもつ水理学際粗さを考慮し、その粗さと最大洗掘深の関係を推定できれば、便利であり、河道維持上重要なことである。

図-8

図-8 $\frac{\ell}{B}$ と $z_* \left(\frac{B}{H_w}\right)^{-1}$ の関係

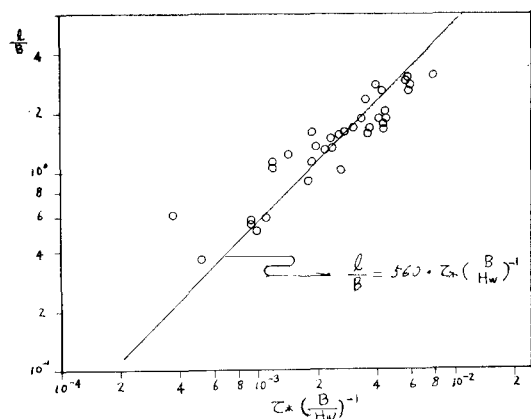
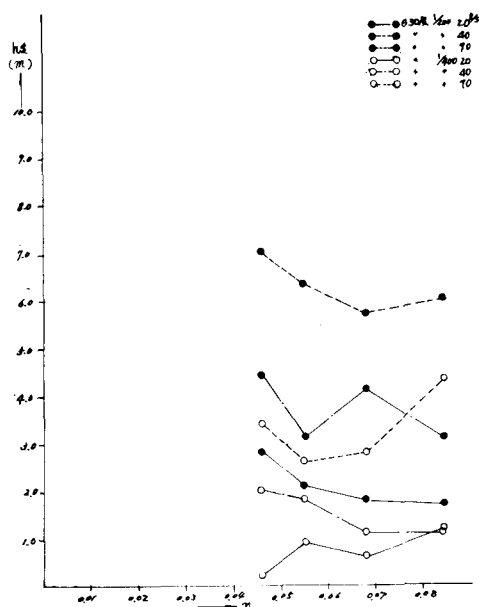


図-9は、各種根固工ブロックのもつ粗度と最大洗掘深との関係を示したものであり、一般に粗度が大きいほど

図-9 粗度と洗掘深



ど最大洗掘深を小さくすることができるが、河床勾配 1/200、流量 70 ℓ/sec の例のように逆の傾向を示すものもあり更に実験例を多くし検討する予定である。

6 ま と め

以上、根固工の設計に必要な、河道形状について、2

3 考察したが、これらの検討により、根固工の延長、根入、施行順序など、推定できそうである。例えば、延長に平均粒径 d_m 、年平均流量 Q_{ave} を調べることににより(3)式から蛇行長が得られ、更に(5)式により水衝部 ℓ_1 が求まる。また(7)式により根固工の洗掘延長が予測されるので、これらを考慮して施行延長を決めることができる。

根固工の根入については、図-6の示す範囲で最大洗掘深 h_s が求まるのでこれを参考にして決定できそうである。

この調査研究は北海道開発局が、根固工の設計指針を得ることを目標として行なっているものであり、今後は今回明回にできなかった根固工の布設巾、厚さを決める水理条件について、更に調査研究し、精度の向上を計りたい。

最後に、河川における資料を提供いただいた、関係各位に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 北海道開発局 根固工に関する調査研究
昭和47年2月
- 2) 山岡、長谷川、自然河川における卓越蛇行長と水理量の関係 第26回土木学会学術講演会講演集
昭和46年10月
- 3) 山口、西村 低水路計画と蛇行流について 第26回建設省技術研究会講演概要 自由課題 河川部門
昭和47年11月
- 4) p. Ackers and G. Charlton The geometry of small meandering streams proc. Inst. Civ. Engrs. suppl. xv 1971. 7328 S