

II-30

豊平川の移動床歪模型実験

北見工業大学工学部

正会員

内島邦秀

北見工業大学工学部

正会員

早川 博

北海道大学大学院

学生員

篠原伸和

1. はじめに

砂州河床河川である石狩川水系豊平川を原型河川として移動床歪模型実験を行った。実験の目的は歪模型実験によって得られた河床形状から原型河床形状を検証することである。

2. 砂州河床河川歪模型の相似則

従来の砂州形成領域区分図の両軸の無次元パラメーターを模型と原型で一致させることによって相似則が導かれる¹⁾。本歪模型実験は池田と三輪の領域区分図から得られた2種類の相似則を用いて行われた。以下、池田の相似則をⅠの相似則、三輪の相似則をⅡの相似則と呼称する。それらの相似則を表-1に示す。水平方向縮尺比を $L_r (=B_r)$ 、鉛直方向縮尺比を y_r とし、両縮尺比の関係において歪比 $n = n_{L_r}/y_r$ と定義する。2種類の相似則は $s_r=1, n=1$ （無歪）でフルード相似則となる。

3. 実験条件

模型水路は、豊平川（K.P.12.6~18.0）の水平縮尺1/600の低水路部分で、平均幅は $B_m=13.7\text{cm}$ である。実験対象区間の平均粒径は $d_p=80.0\text{mm}$ で、勾配は $1_p=1/180$ である。Ⅰの相似則には $d_m=1.34\text{mm}$ Ⅱの相似則には $d_m=0.80\text{mm}$ のほぼ均一な砂を用いて、③、④式及び⑩、⑪式より、共に歪比は3程度で、模型水路勾配は共に1/60となる。模型水路は勾配1/60のステージ上に平面形状を相似にして作製した。次に流量の決定であるが、豊平川雁来観測所（K.P.11.1）における過去18年間の年最大流量の水位-流量関係は図-1の通りで低水路満杯流量は約 $1200\text{m}^3/\text{s}$ である。これを支配流量とすれば模型流量はⅠⅡに対して⑥、⑪より、 $Q_m=1020\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $590\text{cm}^3/\text{s}$ と定まる。この模型流量の通水では平坦初期河床が急変して、現象の観察も給砂も正確を欠いたので、支配流量の約6割である $Q_p=670\text{m}^3/\text{s}$ を採用した。この模型流量はそれぞれ、 $Q_m=630\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $314\text{cm}^3/\text{s}$ である。また、実験対象区間の左右岸沿い縦断面図を図-

表-1 領域区分図に基づく歪模型の相似則

提 唱 者	池 田 (1973)	三 輪 (1983)
相似条件式	$(u_r/u_{*c})_r=1$ $(\tau_{*r}/h_r \cdot I_r \cdot s_r^{-1} \cdot d_r^{-1})=1$ $(B \cdot I/h)_r=1$ $(B_r \cdot I_r \cdot h_r^{-1})=1$	$\tau_{*r}=1$ $(h_r \cdot I_r \cdot s_r^{-1} \cdot d_r^{-1})=1$ $(Fr^2 \cdot B/h)_r=1$ $(u_r^2 \cdot h_r^{-2} \cdot B_r)=1$
歪 比 n	① $n=L_r/y_r=B_r/h_r$	⑨ $n=L_r/y_r=B_r/y_r$
水深縮尺比 h_r	② $h_r=n^{-1} \cdot L_r$	⑩ $h_r=s_r^{1/2} \cdot n^{-2/3} \cdot L_r$
粒径縮尺比 d_r	③ $d_r=s_r^{-1} \cdot n^{-2} \cdot L_r$	⑪ $d_r=s_r^{-2/3} \cdot n^{-5/3} \cdot L_r$
勾配縮尺比 I_r	④ $I_r=n^{-1}$	⑫ $I_r=n^{-1}$
流速縮尺比 u_r	⑤ $u_r=s_r^{1/6} \cdot n^{5/6} \cdot L_r^{1/2}$	⑬ $u_r=s_r^{1/3} \cdot n^{-2/3} \cdot L_r^{1/2}$
流量縮尺比 Q_r	⑥ $Q_r=s_r^{1/6} \cdot n^{11/6} \cdot L_r^{5/2}$	⑭ $Q_r=s_r^{2/3} \cdot n^{-4/3} \cdot L_r^{5/2}$
時間縮尺比 t_r	⑦ $t_r=s_r^{-1/6} \cdot n^{5/6} \cdot L_r^{1/2}$	⑮ $t_r=s_r^{-1/3} \cdot n^{-2/3} \cdot L_r^{1/2}$
Fr数縮尺比 Fr_r	⑧ $Fr_r=s_r^{1/6} \cdot n^{1/2}$	⑯ $Fr_r=s_r^{1/6} \cdot n^{1/3}$

【備考】 u_r としてManning-Strickler式を用いている。

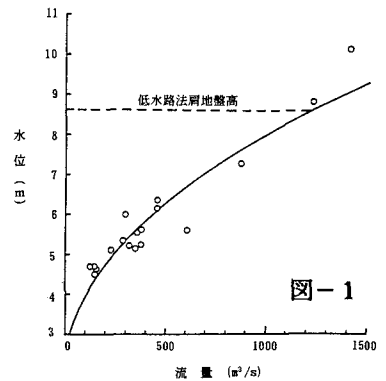


図-1

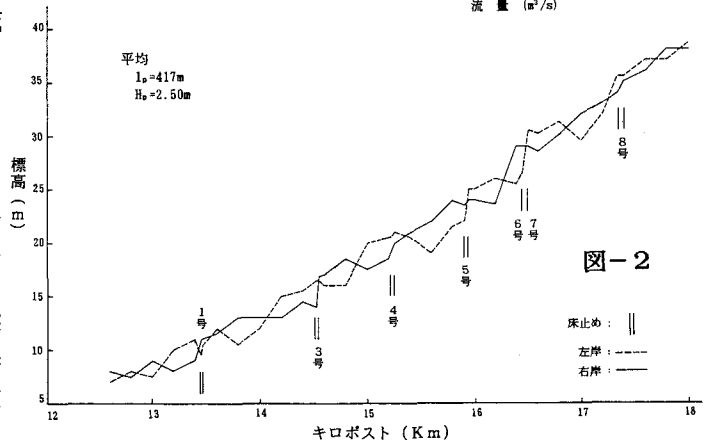


図-2

2に示した。これによると、豊平川の河床形状が単列交互砂州であることを明瞭に示している。

4. 実験結果と砂州形状の検証

図-3は、模型実験によって形成された、砂州河床の左右岸沿い縦断面図である。勾配による高さを考慮しないで図示した。(a)と(b)を比較すると、洗掘箇所はほぼ同じ位置で発生し、その深さも同じ程度であるが、(a)では堆積高が(b)より大きく、そのため砂州波高は(a)の方が(b)より大きい。このことは床止め効果と考えられるが、模型床止めは厳密性を欠き、特に上面は滑面であるために掃流砂がフラッシュされたためとも考えられる。(b)と(c)を比較すると、洗掘箇所はほぼ同じ位置で発生し、堆積高も同程度であるが異なる相似則のため(b)よりも(c)の方が洗掘深が小さくなっている。

交互砂州形状の波高(H), 砂州長(l)の相似則は、波高が水深程度に歪むことから表-1の②, ⑩式より¹⁾、また、砂州長は水平方向量であるから $l_r = l_p$ として③, ⑪式より、

$$\text{Iの相似則の場合: } l_r/d_r = n^2, H_r/B_r = n^{-1} \dots \dots \dots \text{⑪}$$

$$\text{IIの相似則の場合: } l_r/d_r = n^{5/3}, H_r/B_r = n^{-2/3} \dots \dots \dots \text{⑫}$$

となる。さらに、波高については③, ⑪式を用いて B_r を消去すれば、I、II共に、

$$H_r/d_r = n \dots \dots \dots \text{⑬}$$

となる。これらの相似則を原型値と模型の砂州形状値を用いて検討した結果が図-4, 5, 6である。原型と模型で対応する各々の砂州についての l_r , H_r を求めて算出した結果と平均値についての結果を、前者はその範囲を棒線で、後者は丸印(Iに対して●, IIに対して○)で図示した。平均値は砂州長、波高ともに⑪, ⑫, ⑬式に適合する。図-4, 6の△印は交互砂州形成9河川についてIIの相似則を用い、平面形状の相似を考慮しない直線水路(幅20cmと30cm)による実験結果である²⁾。例えば⑫式によれば、模型の平均値 $l_m = 78\text{cm}$, $H_m = 1.0\text{cm}$, $B_m = 13.7\text{cm}$, $d_m = 0.80\text{mm}$ を用い B_p, d_p を与えて $l_p = n^{5/3} \cdot d_p \cdot l_m/d_m = 468\text{m}$, $H_p = n^{-2/3} \cdot B_p \cdot H_m/B_m = 2.93\text{m}$ あるいは⑬式より $H_p = n \cdot d_r \cdot H_m = 2.93\text{m}$ と求まり、原型値($l_p = 417\text{m}$, $H_p = 2.50\text{m}$)を検証・予測できる。

5. おわりに

この実験での主眼は砂州形状をいかに正確に検証できるかにあった。交互砂州河床の平面形状はよい相似で発生させることができた。また、区間平均の砂州長及び砂州波高も比較的良好な精度で検証・予測できた。

【参考文献】

- 1) 内島邦秀・早川 博: 歪模型実験による交互砂州形状の検証,
土木学会第46回年次学術講演会, 第2部, 1991.
- 2) 内島邦秀: 単列交互砂州形状の相似性に関する研究,
土木学会北海道支部論文報告集, 第47号, 1991.

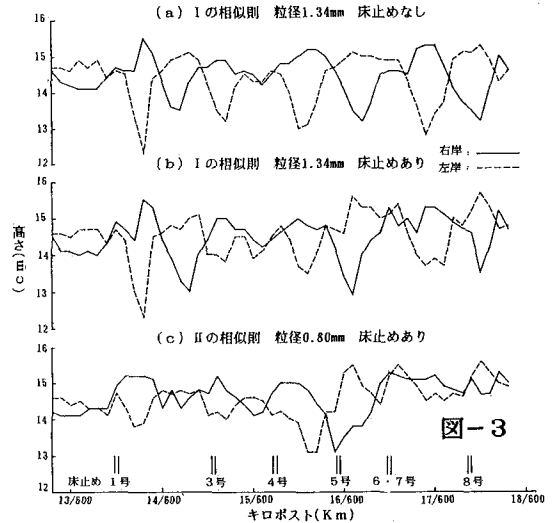


図-3

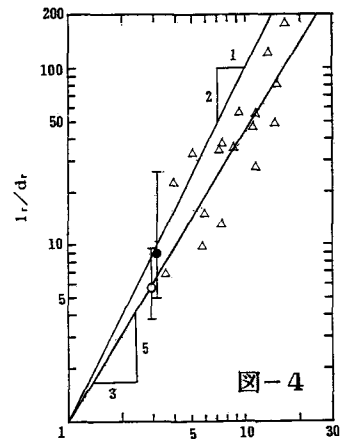


図-4

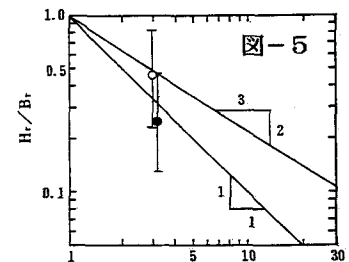


図-5

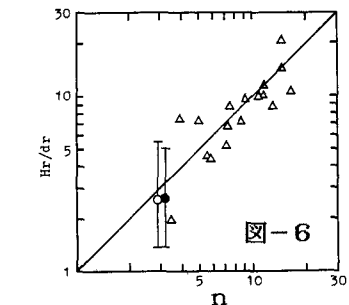


図-6