

II-4

床止め周辺の流況について

北海道大学工学部 松島 郁
北海道大学工学部 正員 黒木 幹男
北海道大学工学部 正員 板倉 忠興

1、はじめに

わが国には急流河川が多く、そこには床止めが多くみられる。床止めは、河床低下の防止や河床勾配の緩和、跳水による位置エネルギーの減殺などに有効である。しかし、一方で上流からの土砂供給が減少して床止め上流部の河床が低下したときなどは、床止めは河道を横断しているのか、かえって水の流下を妨げることになる。つまり、個々の河川の河床形態が床止め本体及びその他周辺構造物の安全性の確保に大きな影響を与えていると考えられる。河床形態は、それぞれの水理条件で様々な形態が見られるが、の中で最もスケールの大きいものは砂州である。例えば札幌付近の豊平川では波長200m波高2.5m程度のものがよく見られる。¹⁾このような砂州が床止めを通過する場合、流況はどのようになるのか、床止めのない場合の砂州の形態との違いがあるのか、実験によって調べていくことにする。

2、実験の概要

床止めのある流路の砂州の移動を調べるため、次に示すような条件のもとで実験を行った。使用した水路は、長さ20m、幅2mの複断面水路で、図1に示すような高水敷がある。そこに6.5mおきに床止めを3基設置した。床止めの落差は5cmで、その下流側に長さ20cm、幅60cmの水叩きを設けた。高水敷、床止め、水叩きとも表面が滑らかな木製品である。河床材料は平均粒径 $d = 1.71\text{mm}$ の粒度のそろった砂（粒径 $1.180\text{mm} - 2.000\text{mm}$ が重量百分率で77パーセント以上）を用いた。またこの砂の比重 ρ_s は約2.72、土質試験による最小空隙率（空隙の体積／全体積）は約0.43、最大空隙率は約0.51であった。河床の傾き（下流側の床止めの天端と上流側の床止めの水叩きの下流端間の傾き）を $1/250$ とした。流量を約 12 l/sec 、流砂量を約 1.5 kg/分 としたときに砂州河床が出現した。なお、この条件では高水敷に水は乗らない。

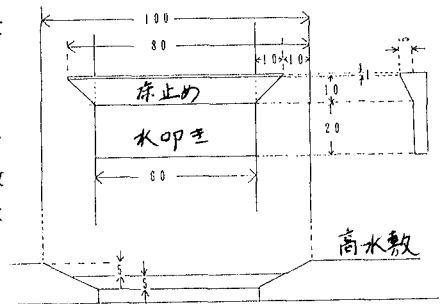
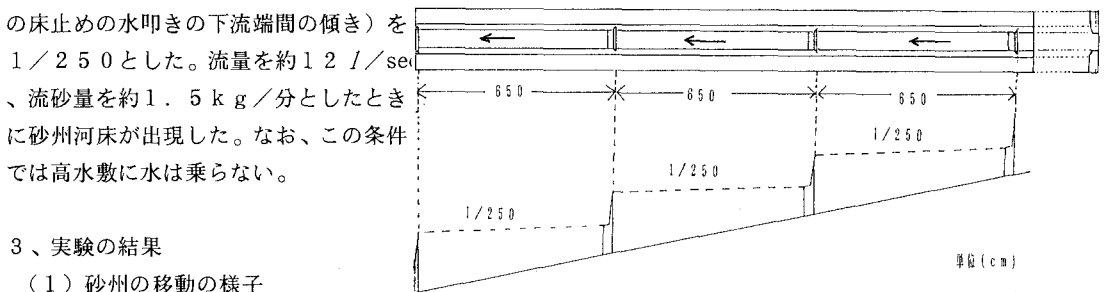


図 - 1



3、実験の結果

(1) 砂州の移動の様子

砂州の先端の位置の測定を15分間隔で行い、その結果を図2に示す。床止め周辺では、流水は常流—射流—跳水—常流と、大きな変化と不連続点をもつ（図3参照）が、砂州は床止めあるなしにかかわらずほぼ一定の速度で進行することが確かめられた。この図で上流から下流まではっきりしているもの11本について砂州が15分間に進んだ距離調べてみると、床止めをまたぐ部分では平均2.65m、またがない部分で

は平均 2.34 m であった。床止め (0.1 m) と水叩き (0.2 m) の一部は砂が瞬時に移動しているので考慮しないとすると、流速はどの位置でも平均 2.34 m / 15 分 = 0.16 m / 分 とみなされる。波長を見てみると、普通の区間の波長は平均 2.2 m だが、床止めに間に挟む砂州間の波長は平均 2.8 m であった。ここでも先述のことを考慮すると、波長はほぼ一定の 2.3 m とみなされる。

(2) 水路中央の水面形と河床形

測定は全てレベルを用いて行った。水位の測定は下流から上流に向かって行い、測定終了まで 66 分費やした。水位測定終了と同時に水を止め、河床高は止水後測定した。床止め直下の河床高が異常に大きい、それは、砂州の高さに水叩き上に堆積していた砂が止水による流水の減少とともに区流下流二流されたものが加わったからである。水面形は跳水部分を除いて変化が少なく、その勾配は約 1 / 115 であった。一方河床形は砂州のために変化にとんでいる。しかし、比較的ならかな部分の勾配は約 1 / 235 で、初期に設定した勾配に近い。

(3) 横断形の測定

測定は、1 mm の精度で読み取れる測定器を用いて高水敷を基準面にして行った。測点は、横断方向については、河床高さは 0.05 m 間隔、水面高さは 0.3 m 間隔で、縦断方向については両方とも 0.5 m 間隔とした。測定開始から終了まで 55 分要した。そして、そのデータを基に等高線図 (図 5) を作成した。最も下流の区間の 128 mm 以下とその他の区間の 148 mm 以下の部分を縦線で示してある。図では、右岸 (－) 方向の 2.5 m と 7.8 m 付近、左岸 (+) 方向の 4.3 m と 10.3 m 付近にそれぞれ砂州の先端が見られ、波長は下流側から 1.84 m、3.50 m、2.5 m となるが、測定に縦断方向 1 m あたり約 4 分費やしたので、実際の波長はこれより長い。この図でよく分かるのは砂州の波高である。深掘れ部がちょうど床止めにまたぐ状況になったとき、下流側は大きく洗掘される。(写真 1 参照) 実験では、なにもない部分での深掘れ部とその横断方向の最も高い部分の差は約 1.3 cm と 2.0 cm であるが、床止め部分ではそれが 8.0 cm と 8.5 cm に及んでいる。これは、

(図 2)

○ : 左岸に発達した砂州
× : 右岸に発達した砂州

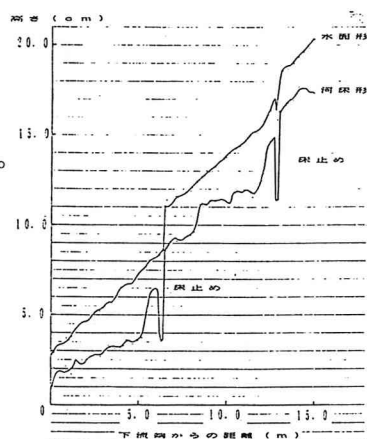
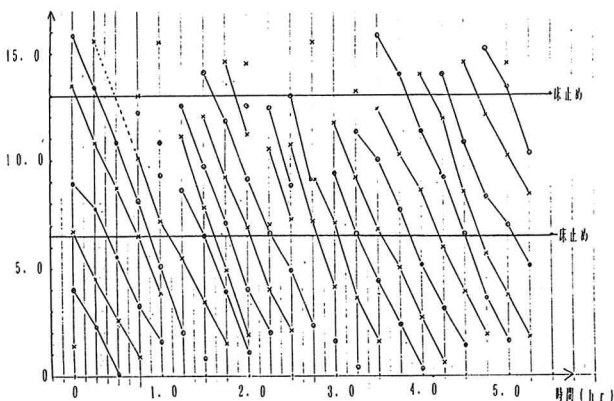
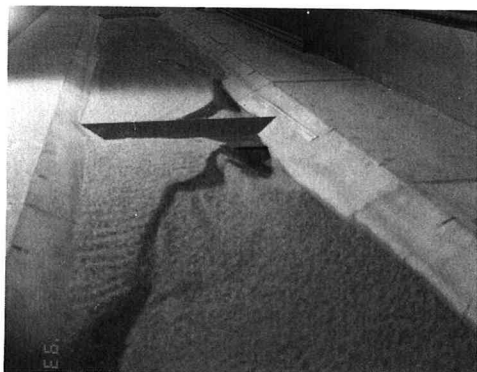


図 - 3



床止め周辺の安全性の維持に対して大きな脅威になると考えられる。

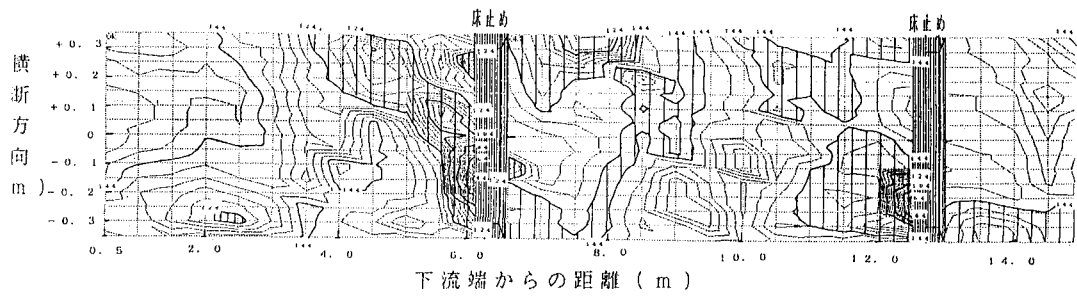


図 - 4

また、データから各断面の平均河床高、平均水面高が求まり、これより平均水深が得られた。床止め直下を除いてほぼ等しく、2.7 cmであった。床止め下流0.5 mの6.0 mと12.5 m地点がそれぞれ4.4 cm、3.9 cm。1 m下流の5.5 mと12 m地点がそれぞれ3.3 cm、3.0 cmであった。(図5) 図3と比較してみると、水面形はほとんど変わらず勾配は1/15である。図3と大きく異なるのは河床形である。図5それは水面形とほぼ平行であるといえる。

4、考察

実験では、先述の水理条件で単列砂州が見られた。そこで、これまでの研究、解明された砂州の水理条件と異なるかどうか考察してみる。

砂州の波長 λ や波高 ΔZ は、河道幅 B と密接な関係があることが知られている。図5では λ と B を平均水深 H で無次元化して示しており、2本の直線で囲まれた領域がこれまで知られている砂州の形成される条件である。この水路の壁面は傾斜しており、河道幅 B が定かでないので、床止め周辺では、幅 B を60 cmと65 cmの、それ以外の地点では80 cmと85 cmの2つの量と設定し、図-7にプロットしてみた。床止め近くの水理条件を、×印、それ以外の地点のものを、○印で示してある。これによると、砂州の発生条件を満たしているのは床止め直下と言える。波高と洗掘深について同様の処理を行うと図-8のようになる。今度は床止め周辺以外の方が砂州が生じやすい条件となっている。

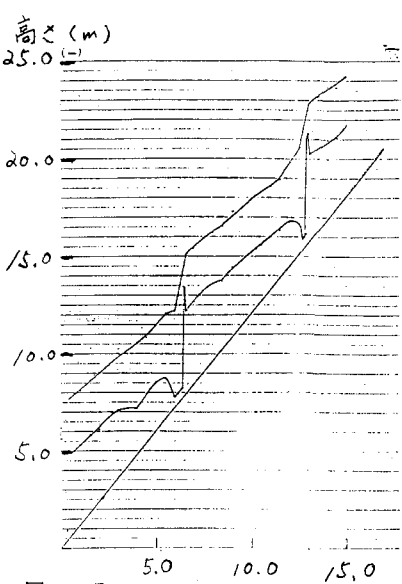


図 - 5 下流端からの距離

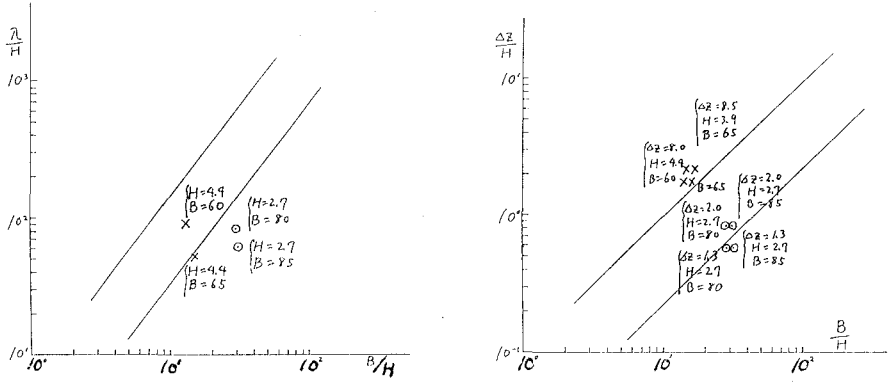
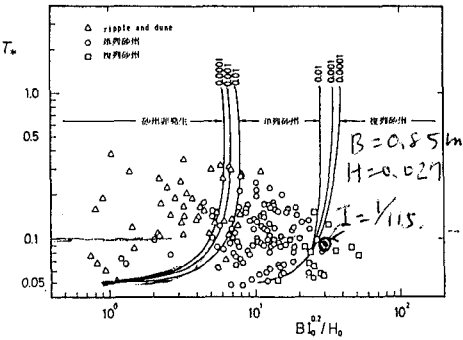


図 - 6

砂州の形成条件については多くの研究がなされているが、黒木、岸の研究¹⁾によると、砂州河床の発生条件は河幅、水深比 B/H と河床勾配 I_0 の $1/5$ 乗の積、 $B I_0^{1/5}/H$ と無次元力掃流力 $\tau_* = \rho_0 g H I_0 / (\rho_s - \rho_0) d$ (ただし ρ_0 : 水の密度、 ρ_s : 砂の密度、 d : 砂の粒径、 H : 水深、 g 重力加速度) によって決まり、図1のように分類される。



(参考文献)
1) 黒木，岸，板倉：交互作用の水理特性