

自然由来の河道形状による砂礫河川における洪水流の偏流是正の可能性

株式会社小野組

正会員 ○村井 剛徳

新潟大学災害・復興科学研究所

正会員 安田 浩保

1 はじめに

直線形状をした砂礫河川では、河道内に交互砂州が形成されていることが多い。交互砂州が形成されると水は堆積域を避けるように流れ、洪水時には偏流し河岸侵食、破堤の要因となる。この偏流する河道形状を是正するため定期的に浚渫や瀬替えが行われているが、元の状態に戻ることが多く河道内の低水路の形状は河川管理上問題となっている。

これらの問題に対して、筆者らの研究グループでは河川の自然形状を由来とした河道形状を提案している。平水時における澇筋の横断形状は低水路幅よりも狭く、またその幅は洪水を経験した後も同程度に安定していることが多い。この澇筋の形状安定性に着目して、初期断面に澇筋の幅に設定した水路は直線形状を維持することがわかっている¹⁾。以後、この形状を安定澇筋と呼ぶ。また、交互砂州の発生が抑制された天然の流路の平面形状に着目し、流路幅を局所的に狭くすることで交互砂州の発達抑制の効果を期待する拡縮工法がある²⁾。これらの自然河川を元にした工法はすでに実河川に実装され、交互砂州形成の抑制や、自然環境の多様性の向上などの成果を上げている。

同様に一級河川の能生川（上越市）では、融雪出水などの頻発する出水は澇筋を元にした低水路で補い、それ以上の出水では高水敷に配置された拡縮構造物で洪水流の河道中央部分への誘導を期待して配置している。河道整備後2年間は低水路形状は維持しており、効果が出ていると考えられる。しかしこの複合した河道での低水路を超えるような出水は確認されていない。

本研究では、既往を超えるような洪水時における安定澇筋を元にした直線低水路と拡縮構造物の組み合わせによる複合河川での洪水流の偏流とそれに伴う河道形状の変化を移動床の数値計算で確認した。

2 検証方法

拡縮構造物と安定澇筋の複合河川の洪水時における河道形状の変化を確認することを目的として、実河川スケールの移動床の数値計算を行った。河道形状や水理条件は先述の能生川を元に設定した。能生川では2016年の出水の際に、交互砂州を起因とした洪水流の偏流、河岸侵食が発生している。それを受けてR2の河道整備の際は、河道中央



図-1 各条件における底面形状の結果

部に安定澇筋を元にした河道と、堤防川表側に拡縮構造物が配置されている。河道幅は72mとし、流下方向の長さは1000mの直線形状とした。格子寸法は3mとし、勾配は1/200とした。

移動床の検証方法はiRICに同梱されている平面2次元の流れと河床変動のソルバーであるNays2Dを用いた。

流量の条件としては、平水時の条件として $9\text{m}^3/\text{s}$ 、融雪出水を想定した条件として $60\text{m}^3/\text{s}$ 、洪水痕跡水位から等流計算で求めた流量とし大規模出水を想定した条件として $400\text{m}^3/\text{s}$ の3条件を用意した。

$400\text{m}^3/\text{s}$ の条件に関しては、複合河川の道形状の変化を比較するために無対策の水路（以下、ケースb）、拡縮構造物のみ配置した水路（以下、ケースc）を用意して同じ水理条件で計算した。計算時間は概ね底面形状の変化が収束するまで行なった。

2.1 計算結果

図-1 a,b,c)に各条件の底面形状の変化を図-2に各条件の縦断平均した河道形状の横断面を示す。まず図-1 a)に平水時と融雪出水を想定した条件の計算結果を示す。これらの条件における流量は、直線低水路に収まる。両条件とも1日分計算したが、河道形状に変化は見られなかった。続いて洪水流量を想定した結果を示す。洪水流量を想定した計算は、底面形状の変化が収まった2日までとした。上流200m部分は洗掘などの効果もあり、初期の低水路の形状を維持しているよに見える。流線を白線で示す。水路中央部は直線形状になっており流れが水路中央部に集中しているのが見られる。側壁付近は水路中央部分から離れるものの、拡縮構造物の効果もあり、水路中央部分に集まって

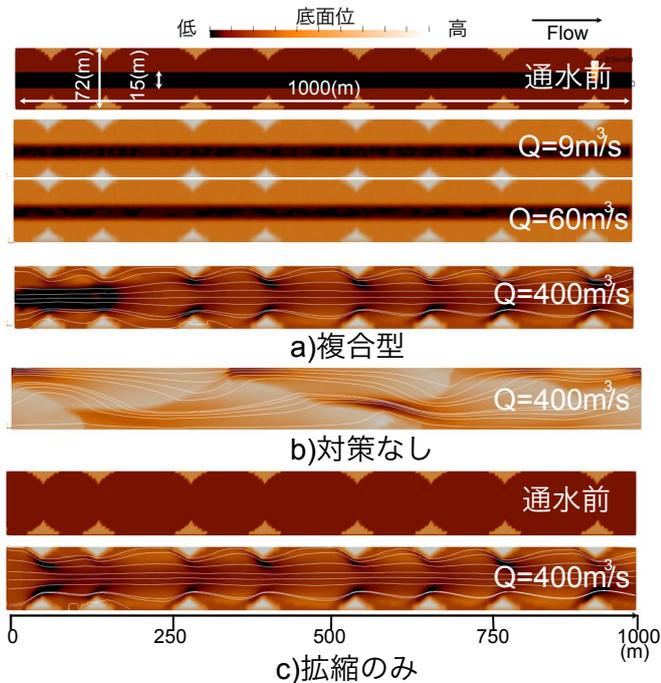


図-3 各条件における縦断平均した底面位

いるのが見える。

図-1 b) に何も配置していない条件の結果を示す。2日分の計算を行なったところ、底面には明瞭な交互砂州が形成される結果を得た。それに伴い流線も堆積部を避けるようにした形状となっている。図-2の赤線に示す縦断平均した底面位置を見ても上凸型になっており、水の流れが側壁に近いところを流れていることが分かる。

図-2 c) に拡縮構造物のみ配置した条件を示す。こちらでは、拡縮構造物の配置された箇所では、洗掘しているのがわかる。また構造物の下流側に堆積部分ができている。流線の形や底面形状の変化はケース a と同様の傾向にあった。

2.2 流量フラックスを用いた流れの偏りの把握

各条件の流線を見ると、流れの偏りの存在をすぐに視認できる。本節では、流れの偏りの度合いを流量フラックスを用いて把握するため、その縦断平均の横断分布を算定した。なお、拡縮構造物が設置されている箇所を除外した上で流量フラックスの平均値を算出した。

図-3) に結果を示す。無対策の条件では、側壁付近のフラックスが大きくなる結果となった。それに対し、拡縮を設置した条件と複合型の条件では、流路中央部分にフラックスが集中し、構造物の損壊や越流などの要因となる側壁沿った流れが発生しにくくなる結果を得た。

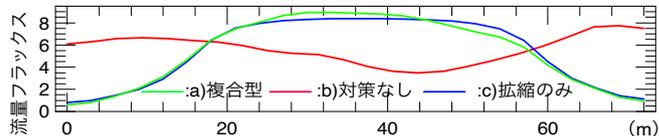


図-4 各条件の縦断平均した流量フラックス

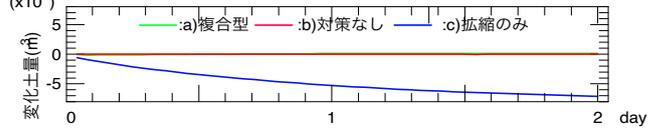


図-5 各条件の縦断平均した流量フラックス

2.3 各条件における形状変化

洪水時の条件では初期の河道形状から変形する結果が得られた。河道管理においては、初期の河道形状が維持されることが望ましい。このことに着目し、各条件における河道形状の時間変化について初期からの堆積土量を用いて把握した。

図-4) に各条件の堆積土量の変化を示す。拡縮のみの条件では、構造物周辺の洗掘が発達したため累積土量が初期から減少する結果を得た。複合型の条件と無対策の条件では、初期から変化が一貫して少ない結果を得た。ただし、本研究においては、複合条件と無対策の条件との関連性については特定できなかった。

3 おわりに

本研究では、既往を超えるような洪水時における安定滞筋を元にした直線低水路と拡縮構造物の複合による洪水流の偏流とそれに伴う河道形状の変化を移動床の数値計算で確認した。結果として、平水時や融雪出水のような頻度の高い小さな流量においては、安定滞筋を元にした直線流路により河道の制御が可能である結果を得た。また、最大規模の洪水時については、拡縮構造物と安定滞筋の複合的な効果により、流水を側壁沿いに偏らせずに、河道の中央へ誘導できることが分かった。

参考文献

- 1) 村井剛徳, 安田浩保: 自発的に形成された滞筋に基づく河道の安定性と応用, 土木学会全国大会 2023.
- 2) 梅木康太郎, 安田浩保, 小野伊佐緒, 保坂裕, 清水一浩, 黒石和宏 早出川における拡縮流路が有する治水機能と環境機能の実証 河川技術論文集, 第 27 巻, 2021 年 6 月