

## 複断面蛇行河川における低水路線形が及ぼす洪水流の流れ構造と河道被害の関係

株式会社東京建設コンサルタント 正会員 ○長谷部 夏希 中央大学研究開発機構 正会員 後藤 岳久  
八代河川国道事務所 調査課長 正会員 向田 清峻 中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

## 1. 序論

堤防線形に対して低水路線形が蛇行し、低水路沿いに広い高水敷を有する複断面蛇行河道では、大規模洪水時に相対水深  $D_r$  (高水敷水深/低水路水深) が約 0.3 を超えると主流が内岸側を走る複断面的蛇行流れが生じる<sup>1)</sup>。著者らは、掃流砂と浮遊砂を一体的に扱う高精度な非静水圧準三次元洪水流・河床変動解析法を用い、昭和 56 年 8 月石狩川洪水における複断面的蛇行流れの主流・二次流構造、河床変動を明らかにした<sup>2)</sup>。その際、内岸側の河床・河岸の洗掘や、高水敷上に繁茂する樹木の倒伏・流失を引き起こすため、洪水時の河道の流下能力の増加をもたらす可能性が高い。一方、内岸寄りの主流は内岸側の高水敷や堤防・構造物などに被害を及ぼす可能性がある。従って、大規模洪水時に生じる複断面的蛇行流れの構造を理解することは、治水と河川環境の両面から有効であり、低水路に対する高水敷の縦断配置とその線形は高水敷の治水効果や利用方法を検討する上で極めて重要である。本研究では、著者らの解析法を用いて甚大な被害が生じた令和 2 年 7 月球磨川洪水を対象として複断面的蛇行流れの構造と低水路・堤防線形、これらと河道被害の関係を田端ら<sup>3)</sup>の解析結果を用いて分析する。最後に、大規模洪水被害に備えた複断面蛇行河道の河道計画、管理への活用を示す。

## 2. 令和 2 年 7 月球磨川豪雨による内岸側の橋梁の被害状況

本研究が対象とする令和 2 年 7 月球磨川豪雨では、洪水ピーク流量が計画高水流量を超え、河川水位が軒並み堤防天端を越えて河道を低水路、堤内地を高水敷として洪水流が激しい複断面的蛇行流れとなって流下した。図-1 に示す天狗橋(56km)では、内岸側の堤防付近に位置する橋台背面の盛土が流失する被害が生じた。

## 3. 洪水流の流れ構造と河道被害の関係

図-2 は 56.6km 地点の解析水位ハイドログラフと横断面形状、相対水深の関係を示し、図中の  $D_{r1}$  は(高水敷水深/低水路水深)、 $D_{r2}$  は(氾濫域の水深/河川区域の水深)を示す。図-3 は天狗橋付近の水深平均流速分布の時間変化を示し、図-4 は 56km 地点の主流速分布と二次流分布の解析の時間変化を示す。図-3(a)、図-4(a)より、7 月 4 日 7 時では 56km の  $D_{r1}$  は 0.3 を超えているが、56km より上流の氾濫域からの流入量が少ないため通常の第一種二次流が生じる。しかし、河川水位が堤防天端を越え、56.6km の  $D_{r2}$  が約 0.3 を超える時間帯(7/4 7:30~12:30 頃、図-2)では、河道を低水路、堤内地を高水敷として洪水流が振舞う流れとなり、氾濫域の遅い流れが 56km 付近の外岸側に流入し(図-3(b))、二次流の逆転を伴う複断面的蛇行流れが生じる。さらに、洪水ピーク付近は氾濫域からの流入量が増加し流れの混合が一層激しくなり、56km の逆回り



図-1 球磨川の 55km~67km 区間の航空写真と天狗橋(56km)の被害状況

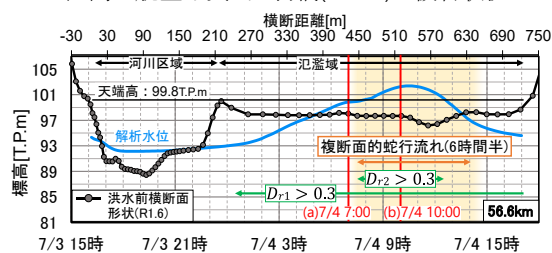
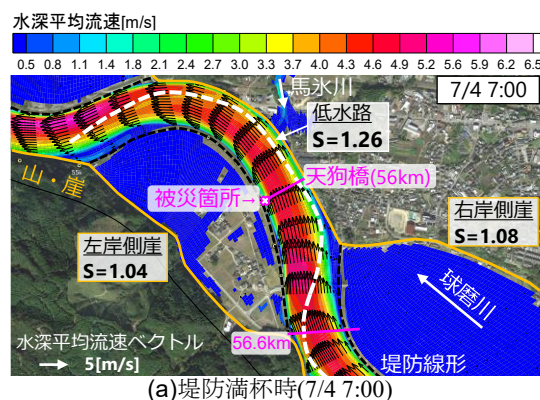
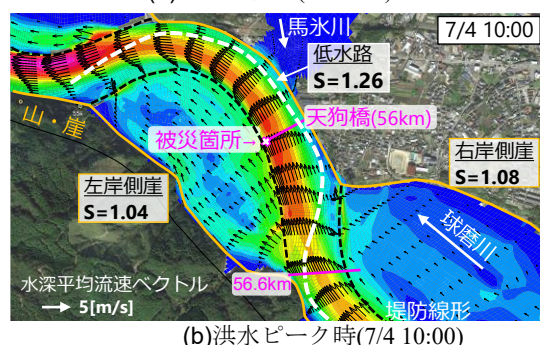


図-2 56.6km 地点の解析水位ハイドログラフと横断面形状、相対水深の関係



(a)堤防満杯時(7/4 7:00)



(b)洪水ピーク時(7/4 10:00)

図-3 天狗橋付近の水深平均流速分布の時間変化

キーワード 非静水圧準三次元洪水流解析法、複断面的蛇行流れ、二次流、複断面蛇行河川

連絡先 〒170-0004 東京都豊島区北大塚 1-15-6 TEL : 03-5980-2633

の二次流が発達し、高速流の発生位置が内岸側の被災橋台付近まで移動している(図-4(b)). よって、天狗橋(56km)の内岸橋台の周辺が洗掘を受けるとともに、橋台背面盛土が流失したものと考えられる. また、図-3には低水路線形と兩岸の崖の蛇行度も併せて示しており、この区間の低水路線形と流れ場の関係を見ると、洪水ピーク付近の流れの河幅を規定する兩岸の崖の線形の蛇行度は左岸側で $S=1.04$ 、右岸側で $S=1.08$ であるのに対し、低水路線形の蛇行度は $S=1.26$ とその差は大きく、洪水ピーク付近では堤内地の流れが低水路に流入するような河道線形であることが分かる.

#### 4. 複断面的蛇行流れの生じる機構と低水路・堤防線形の関係

球磨川の分析より、複断面的蛇行流れに伴う二次流の逆転の発生と河道条件の関係について、図-5の模式図を用いて説明する.

図-5(a)は兩岸ともに広い高水敷を有し低水路が蛇行する河道である. このような区間では、相対水深が約0.3以上になると高水敷上の比較的遅い流れと低水路の速い流れが激しく混合することで二次流が逆転し、内岸寄りを主流が走る複断面的蛇行流れが生じる. 図-5(b)は片側の一部区間の高水敷は狭く、堤防が低水路に比較的近接している河道である. このような区間では、断面1では図-5(a)と同様に二次流の逆転が生じる. 断面2では左岸側の高水敷が狭くなっているが、上流側の広い高水敷の右岸から高水敷上の流れが流入し、左岸の高水敷に出ていき、その下流でも左岸の遅い流れが低水路に流入し混合するようになり、二次流の逆転が生じ、主流が内岸寄りになる. 図-5(c)は片側の全体の高水敷が狭く堤防が近接している河道である. このような区間では、断面1では上流側の右岸側の高水敷から流入しても左岸側へは流出出来ず、また断面2では左岸からの低水路への遅い流れの流入が制限されるため、相対水深が0.3を相当超えてもなお断面2では通常の第一種二次流が生じている. しかし、上流での流れの混合の影響を受け、最大流速は内岸側に生じている. 従って、低水路線形と堤防線形の蛇行度 $S$ または位相に差がある河道区間では、蛇行頂部付近の上流側に広い高水敷を有し、そこからの流れの流入と対岸の高水敷への流れの流出により二次流の逆転を伴う複断面的蛇行流れが生じることが分かった. よって、複断面蛇行河川において、想定される大規模洪水時の相対水深と堤防・低水路の線形の蛇行度・位相差、その時の流れ場の関係を整理し、複断面的蛇行流れが生じ得る河道の特徴を有するかどうかを調べるのが河道管理上重要である.

#### 5. 結論

本研究では、令和2年7月球磨川豪雨を対象に、複断面蛇行河道において低水路線形が及ぼす洪水流の流れ構造と河道被害との関係について分析を行った. その結果、低水路・堤防線形の蛇行度または位相に差があり、低水路沿いに広い高水敷がある場合には、大規模洪水時に高水敷と低水路の流れの激しい混合が生じ、複断面的蛇行流れが発生し得ることを示した. そして、令和2年7月球磨川豪雨においては、複断面的蛇行流れによる主流位置の変化が内岸側の河道被害発生の一因となったことを示した. 上記のように、複断面的蛇行流れが生じる区間の河道の特徴を調べることは、大規模洪水への対策が必要な河川区間や構造物の安全対策を講ずる上で重要であり、さらには、今後の治水・河川環境・河川空間の利用を総合的に考慮する上でも重要となる情報を与えることを示した.

#### 参考文献

1)福岡:洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005. 2)長谷部, 後藤, 福岡, 榊井:掃流砂と浮遊砂を一体的に扱う準三次元洪水流・河床変動解析法の開発と昭和56年8月石狩川洪水への適用, 土木学会論文集 B1(水工学), 2022. 3)田端, 後藤, 竹村, 酒匂, 福岡:令和2年7月球磨川豪雨における洪水流と氾濫流の一体解析による人吉市街地と狹隘区間の集落の被害分析, 河川技術論文集, 2021.

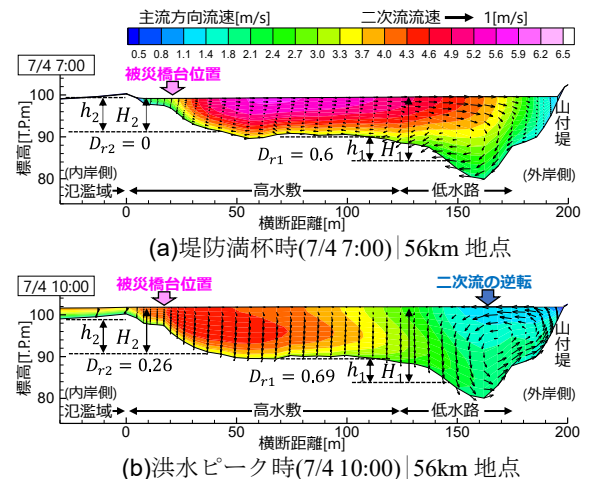


図-4 56km地点の主流・二次流の時間変化

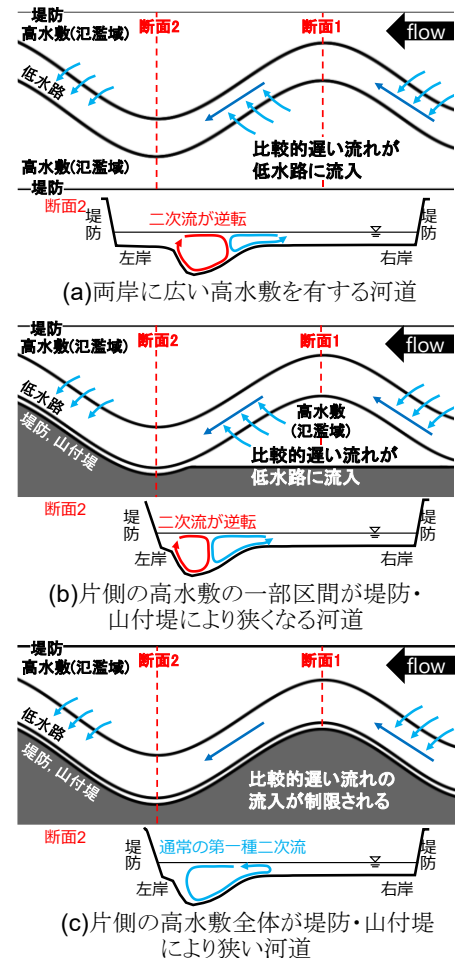


図-5 複断面的蛇行流れの発生機構と河道条件