

# 複断面蛇行河川における洪水流の流れ構造と河道線形及び河道被害の関係の分析

中央大学大学院 学生会員 ○長谷部 夏希 中央大学研究開発機構 正会員 後藤 岳久  
 国土交通省八代河川国道事務所 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、広い高水敷を有する複断面蛇行河道においては、大規模洪水時に相対水深(高水敷水深/低水路水深)が0.3を超えると高速流が内岸側を走る複断面的蛇行流れが生じる<sup>1)</sup>。このため、内岸側の河床・河岸が洗掘を受けることで河川の流下能力が変化する他、内岸側の高水敷や堤防・構造物などに被害を及ぼす危険性があり、複断面的蛇行流れの影響を考慮することは、河道設計や管理を考える上で重要である。実際、令和2年7月球磨川洪水では、内岸側の橋台の被災と樹木群の大規模倒伏が生じた(図-1, 図-2)<sup>2)</sup>。著者らは、これまで非静水圧準三次元洪水流解析法(Q3D-FEBS法)と非平衡流砂モデルの河床変動解析法により、石狩川の昭和56年8月大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ており<sup>3)</sup>、本研究では、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、本解析法を用いて複断面的蛇行流れの構造と低水路線形・堤防線形、これらと河道被災状況との関係を分析する。



(a) 被災した天狗橋(56km) (b) 左岸橋台背面盛土の被災状況  
 図-1 令和2年7月球磨川洪水による天狗橋(56km)の被災状況

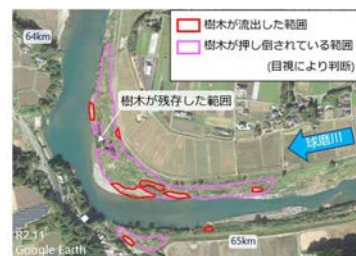


図-2 令和2年7月球磨川洪水による樹木群(64-66km)の倒伏・流出状況

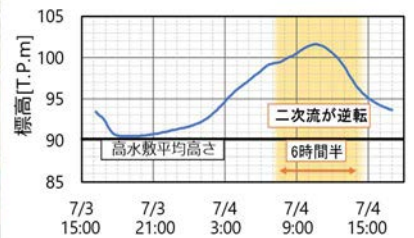


図-3 56km地点の解析水位ハイドログラフ

## 2. 内岸側の橋梁の被災状況・樹木の倒伏状況

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及びアプローチ部が流出する被害が生じた。また、図-2に示す64km~66km区間では、内岸側の高水敷に繁茂していた樹木群が全体的に倒伏し、赤枠で示す河岸際の樹木については流出した。

## 3. 解析結果

図-3は56km地点の解析水位ハイドログラフを示し、図-4は天狗橋(56km)付近の洪水ピーク時の水深平均流速分布、図-5, 図-6は56kmと56.6km地点の洪水ピーク時の二次流の解析結果を示す。解析結果より、洪水の初期段階では、通常の湾曲二次流と同様の向きの二次流が形成されていたが、堤内地への氾濫が生じ、上流側の56.6km地点の氾濫域と河川区域との相対水深が約0.3を超える図-3に示す時間帯では、氾濫域の比較的遅い流れが56km付近の外岸側に流入するようになり、激しい流れの混合が生じることで、56km地点で二次流が逆転している。これにより、高速流が内岸側で発生するようになり、内岸橋台の背面盛土の流出が生じた要因の一つであると考えられる。図-7は樹木群の倒伏・流出が生じた64km~66km区間の洪水ピーク時の水深平均流速分布を示し、図-8は64.4km地点の洪水ピーク時の二次流の解析結果を示す。図-7よりこの区間の左岸側は山付堤により低水路への流れの流入が制限され、流れ

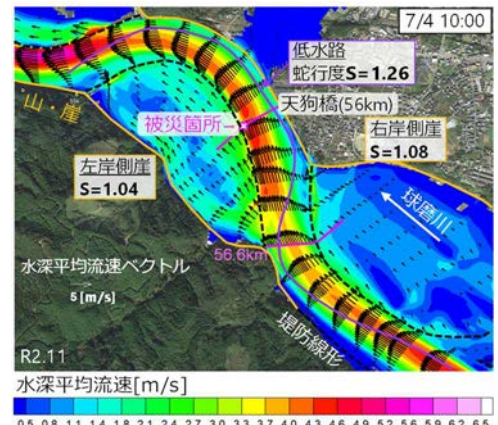


図-4 天狗橋(56km)付近の水深平均流速分布(洪水ピーク時)と蛇行度

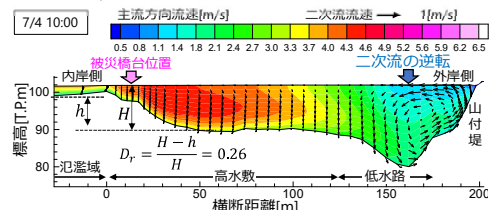


図-5 56km地点の主流・二次流の解析結果(洪水ピーク時)

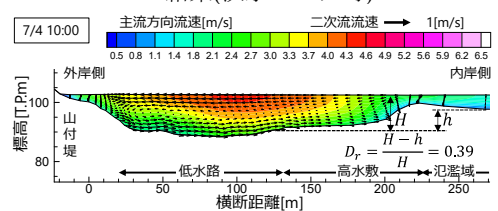


図-6 56.6km地点の主流・二次流の解析結果(洪水ピーク時)

キーワード 二次流, 複断面的蛇行流れ, 複断面蛇行河道, 非静水圧準三次元解析法, 令和2年7月球磨川洪水

の混合が小さいため、相対水深が 0.3 を超えても二次流の逆転は生じなかった。しかし、この区間は蛇行度が大きいいため、大規模洪水時には流れの直進性が増大し内岸側河岸付近の流速が増大し、樹木群の倒伏及び流出に繋がったものと考えられる。

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

球磨川の上記の例から、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-9 の模式図を用いて説明する。図-9-①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り、氾濫域が高水敷のようになった球磨川の天狗橋付近の流れ場と対応する。この様な河道区間では、相対水深が 0.3 以上になると高水敷上の比較的遅い流れが低水路に流入することで、複断面的蛇行流れ特有の二次流の逆転が生じていた。しかし、64~66km 区間のように、山付堤により低水路への流れの流入が制限された区間では流れの混合が小さいため、相対水深が 0.3 を超えても二次流の向きが通常の湾曲二次流と同じ向きとなり、単断面的な蛇行流れとなっていた(図-9-②)。

さらに、図-10 に低水路線形と堤防線形の蛇行度と位相の違いを含めて考察する。球磨川の 64~66km 区間では低水路線形の蛇行度が  $S=1.46$ 、橙色で示す崖の線形の蛇行度が左岸: $S=1.38$ ,右岸: $S=1.47$  とほぼ同じであり位相差も無いため(図-7)、図-10(a)に示すように高水敷と低水路との流れの混合が小さくなり、二次流の逆転は生じにくくなる。一方、天狗橋(56km)付近では低水路線形の蛇行度が  $S=1.26$ 、橙色で示す崖の線形の蛇行度が左岸: $S=1.04$ ,右岸: $S=1.08$  となり違いが大きい(図-4)。このように蛇行度の差が大きい場合(図-10(c))や位相差がある場合(図-10(b))は、蛇行頂部付近の上流側に広い高水敷を有するため、そこからの流入による流れの混合が激しくなり、二次流の逆転を伴う複断面的蛇行流れが生じていた。

5. 結論

本研究では、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、非静水圧準三次元解析により、複断面的蛇行流れの構造と低水路・堤防線形の関係、それらと河道被害状況の関係について分析を行った。その結果、低水路が蛇行する河道区間において、大規模洪水時に高水敷上の比較的遅い流れが低水路に流入する河道区間では、二次流の逆転を伴う複断面的蛇行流れが生じ得ることを明らかにした。さらに、大規模洪水時に複断面的蛇行流れとなる区間の低水路・堤防線形の蛇行度と位相差の特徴について示した。

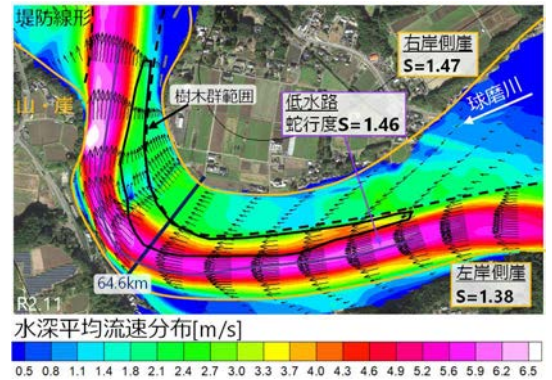


図-7 64~66km 区間の水深平均流速分布 (洪水ピーク時) と蛇行度

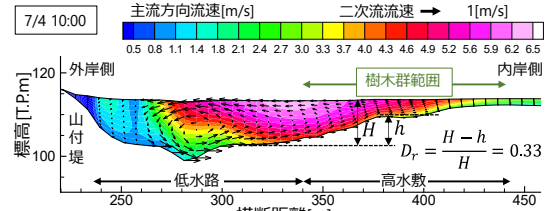


図-8 64.6km 地点の主流・二次流の解析結果 (洪水ピーク時)

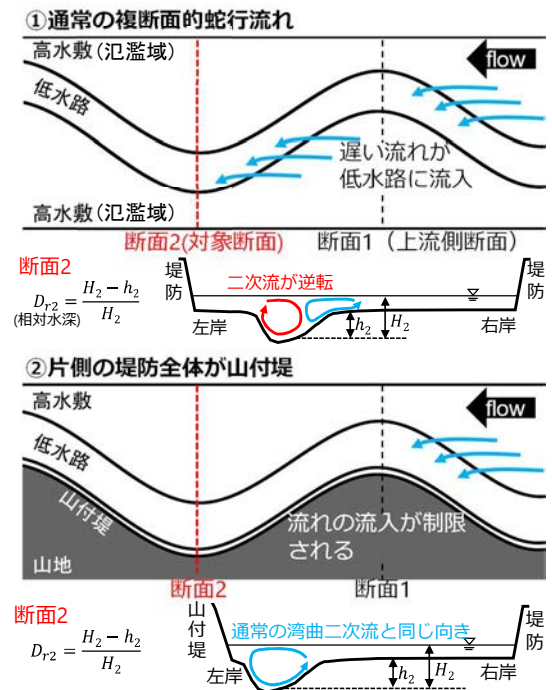


図-9 複断面的蛇行流れの発生機構と河道条件

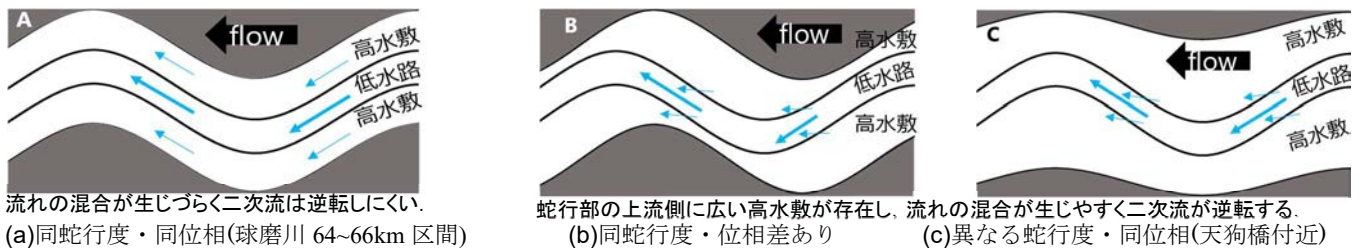


図-10 複断面蛇行区間における低水路線形と堤防線形の蛇行度・位相差の違いによる流れの変化

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)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狭隘区間の集落の被害分析, 河川技術論文集, 2021. 3)長谷部, 後藤, 福岡, 樹井:掃流砂と浮遊砂を一體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.