

複断面蛇行水路における流れと河床形状に及ぼす低水路粗度の影響

広島大学工学部 正員 渡邊明英

広島大学工学部 正員 福岡捷二

1. はじめに

複断面蛇行流路では高水敷水深と低水路水深の比、相対水深 Dr が大きくなると、高水敷高さよりも上では流れは低水路の線形ではなく堤防の線形に従って流れ、その結果河床形状も変化する¹⁾。相対水深が小さい場合には蛇行外岸の変曲点付近で洗掘が生じ、相対水深が大きい場合には蛇行内岸の頂点付近で洗掘が生じる。これまでに著者等は、このような複断面蛇行流れを解析し得る3次元数値モデルを開発し^{2,3)}、これを用いた河床変動の解析を試みてきた。その結果、流れや河床形状は相対水深だけではなく、河床や高水敷の粗度が大きな影響を及ぼしていることが見出された。本文では、河床面の粗度を変化させた場合に河床形状や流れ場がどのように変化するかを数値実験的に検討している。

2. 解析方法及び条件

複断面的蛇行流れでは、流れが集中する蛇行部の変曲点付近で圧力が大きく上昇するので、流れの解析には静水圧を仮定しないモデルを用いる。解析対象は図-1, 2に示す1区間長6.8 m、幅4.0 m勾配1/600の水路に幅0.8 m深さ5.5 cmの低水路が蛇行している複断面蛇行流路である。相対水深はこれまでに解析結果が得られている $Dr=0.31$ ($Q=36$ l/s, 低水路水深8 cm), 0.49 ($Q=65$ l/s 低水路水深10.6 cm)の2通りとした。また、解析に用いる河床面粗度は ks を用いて評価し、河床波の影響等を考慮して砂粒径の1.5倍(1.2mm)と3倍(2.4mm)の2通りとした。流砂量の計算には有効掃流力が考慮されている芦田・道上式を用いている。また、高水敷粗度は $ks=2.5$ cm で一定とした。

3. 解析結果

図-1($Dr=0.31$)、図-3($Dr=0.49$)に河床面粗度 $ks=1.2$ mmとした場合の高水敷高さから上で水深平均した流速ベクトルを示している。図-1に示される相対水深が小さい場合には、蛇行外岸部に流れが大きく偏流して集中した流れが低水路に沿って蛇行しており、まだ単断面的蛇行流れになっていることが分かる。一方、図-2に示される相対水深が大きい場合には、流れは堤防に沿うように直進性が増すしており、複断面的蛇行流れへと遷移している。これは河床面粗度を $ks=2.4$ mmとした場合も同様であり、流れ場は河床面 ks だけの違いによってそれほど変化していない。これは河床面粗度を小さく設定していた解析結果³⁾とほぼ同様である。

図-3($Dr=0.31$)、図-4($Dr=0.49$)は河床面粗度 $ks=1.2$ mm の場合の河床形状をコンターで表示したものである。図-5($Dr=0.49$)は河床面粗度 $ks=2.4$ mm の場合の河床形状をコンターで表示したものである。これより、 $ks=1.2$ mm, $Dr=0.31$ の場合には、蛇行外岸部の変曲点付近で洗掘が生じ、内岸下流部で堆積が生じており、河床形状がいわゆる単断面的蛇行流れの特性を示している。図には示さないが $ks=2.4$ mmとした場合には基本的な形状は同様であるが洗掘深さと堆積高さが大きくなっていた。 $ks=1.2$ mm, $Dr=0.49$ の場合には、内岸部で洗掘が生じているのが見られる。また、複断面的蛇行流れの大きな特徴である内岸から次の内岸に向かう連続した洗掘領域が見られるようになる。ただし、この解析条件ではまだ流れの集中により蛇行外岸部の変曲点付近で若干の洗掘が生じている。 $Dr=0.31$ と比べれ

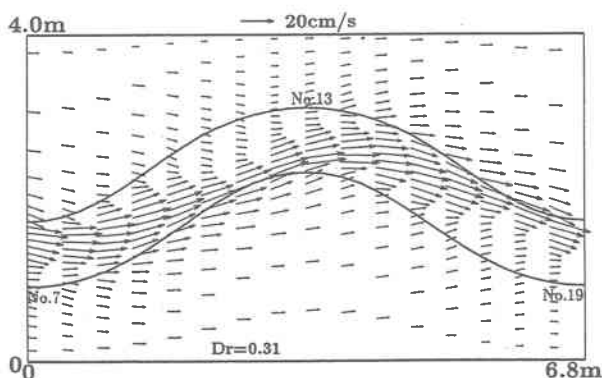


図-1 高水敷高さより上の水深平均流速
($Dr=0.31$, 河床面 $ks=1.2\text{mm}$)

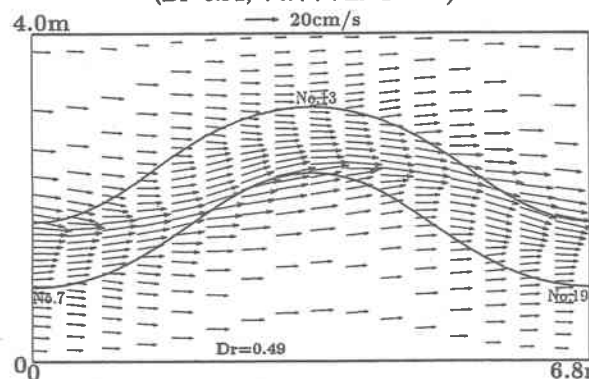


図-2 高水敷高さより上の水深平均流速
($Dr=0.49$, 河床面 $ks=1.2\text{mm}$)

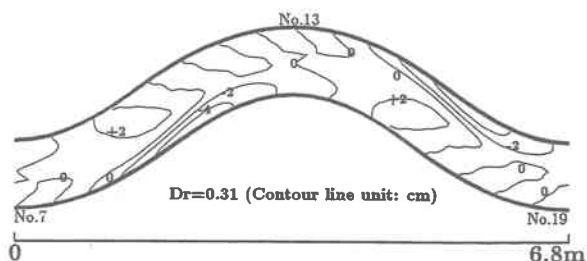


図-3 河床形状 ($Dr = 0.31$, $ks = 1.2\text{mm}$)

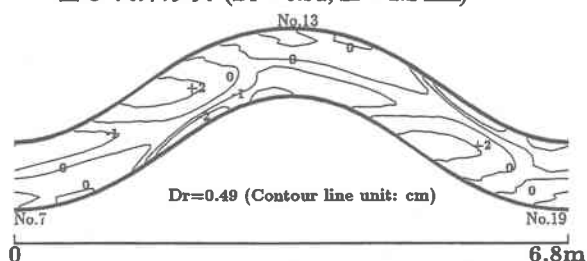


図-4 河床形状 ($Dr = 0.49$, $ks = 1.2\text{mm}$)

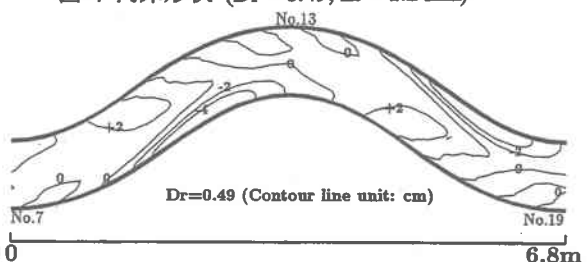


図-5 河床形状 ($Dr = 0.49$, $ks = 2.4\text{mm}$)

ば堆積位置も下流へ移動していることが分かる。しかし、 $ks = 2.4\text{mm}$ とした場合には流れ場完全に複断面の蛇行流れに移行しているにも係らず、図-5 が示すように河床形状は単断面の蛇行流れのものになっている。また、河床面の粗度が小さい従来の解析結果では蛇行外岸部の洗掘は生じていなかったことから、この結果は河床面の粗度が有効掃流力に用いる粗度よりも大きくなるにつれて河床形状は複断面の蛇行流れのものから単断面の蛇行流れの特性に変化することを示していると考えられる。実験で得られている河床形状は $ks = 1.2\text{mm}$ と従来の解との間にあると考えられる。

4. おわりに

複断面の蛇行流れの河床変動は種々の条件の変化に対して非常に敏感であり、河床面粗度の与え方に大きな影響を受ける。河床面の粗度は実際には場所によって異なることから、その評価方法について検討する必要がある。一方、流れ場は河床面の粗度の違いだけではあまり変化しなかった。これは与えられた高水敷の粗度が非常に大きいためであると考えられる。

参考文献

- 1) 福岡他：複断面蛇行流における洪水流の水理，土木学会論文集 No.579/II-41, pp.83-92, 1997.
- 2) 福岡，渡辺：複断面蛇行水路における流れ場の3次元解析，土木学会論文集, No.586/II-42, pp.39-50, 1998.
- 3) 渡辺，福岡：複断面蛇行水路における流れと河床変動の3次元解析，水工学論文集 Vol.43pp.665-670, 1999.