

複断面蛇行水路における河床変動計算

広島大学工学部 正会員 ○渡辺明英

広島大学工学部 フェロー会員 福岡捷二

広島大学工学部 学生会員 岡田将治

1. はじめに

複断面蛇行水路では、高水敷上を流れる水深と低水路水深の比（以下、相対水深）によって流れの特性が大きく変化することが従来の研究¹⁾²⁾³⁾から明らかにされている。このような流れ場の変化は、低水路の蛇行度、相対水深等の水理条件の他、河床形状や水路線形等の幾何形状によって変化すると考えられている。これらの違いに対する流れ場の変化を調べるには、種々の条件を容易に与えることが可能な数値解析を行って流れと河床形状を求めることが望ましい。著者らは、固定床複断面蛇行水路を対象にしたスペクトル法を用いた3次元流れを表わし得る数値モデルを開発し⁴⁾、次いで、この流れの3次元解析モデルに静水圧近似を施して河床変動モデルを組み込み、河床変動解析を試みている⁵⁾。その結果、静水圧近似を行うと、相対水深が大きくなると、蛇行の変曲点付近に流れが集中して洗掘が過剰に進行し、さらに流れの集中化を引き起こすという問題が見出された。本文で、静水圧近似を仮定しない流れの数値モデルで河床変動解析を行い、先に行った静水圧を仮定した結果および実験結果と比較し、モデルの妥当性について検討する。

2. 解析方法および解析条件

流れの解析には鉛直方向に σ 座標系⁵⁾を導入した3次元スペクトルモデルを用いる⁴⁾。本解析では級数は0次～7次モードまで展開され、スペクトル選点は32点取られている。2次元河床変動解析では、流れのモデルから定まる底面せん断力を用いて流砂量ベクトルが計算され、これより河床変動量が求められている。ただし、流れが細かく時間変動するため、流砂量ベクトルを求める底面せん断力には4秒平均値を用いており、4秒間に1回河床変動を行い、河床変動の時間刻みは20秒としている。すなわち、本解析では流れに対する河床変動の時間歪みは、流砂量や河床変動速度を考慮して5倍にされている。本解析では福岡らによる大型模型実験のケース3³⁾、相対水深 $Dr=0.31$ 、低水路水深 8cm、流量 36(l/s)の場合を対象とする。実験水路の全長は15mであり、その中に蛇行が2波長分ある。図-1は、解析対象とした複断面水路の平面形状を示しており、全幅 4.0m、低水路幅 0.8m、低水路河岸平均高さ 0.055m、区間長 6.8m、蛇行度 1.1である。平面格子は(33*51)である。鉛直方向には高水敷高さから下で5分割、高水敷上は2分割されている。

3. 河床変動結果

ケース3の5時間後の河床変動状況を図-2、図-3、図-4に示す。それぞれ、実験、静水圧近似した解析、静水圧近似しない解析に対する河床形状がコンターラインで表わされている。流れは右から左へ流れており、実験結果は水路中央部の1波長分を示している。

実験によれば、集中した流れは湾曲部内岸から外岸変曲点へ向かい、外岸変曲点から河岸沿いに湾曲部内岸へ向かい、これを繰り返す。図-2に示

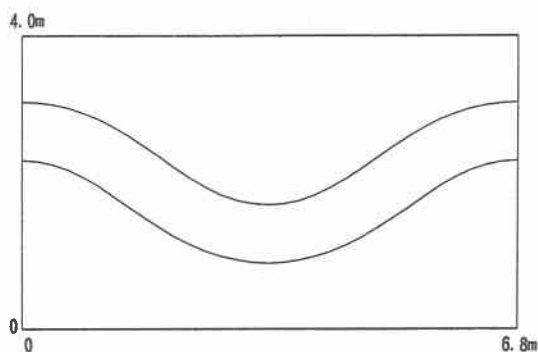


図-1 水路形状

されるように、この速い流れが集中でている場所で河床変動、特に洗掘が生じている。洗掘は変曲点外岸部から湾曲最大点中央部にかけて生じている。ただし、単断面蛇行の場合と比べて複断面蛇行実験の場合には、堆積や洗掘の位置と程度は必ずしも周期的に変動していないので、中央部が必ずしも特性を代表しているわけではない。これは蛇行が2波長と短く、また複断面蛇行時の特性が現れる場合には単断面蛇行の場合のように壁による強い強制作用が働かないため、流れの構造が乱され易い等の理由が考えられる。

解析では、静水圧を仮定した場合と仮定しない場合の解析結果は同様な傾向を示しており、静水圧を仮定しない場合河床変動が抑えられている。洗掘の範囲は変曲点から内岸にかけて生じているが、最大洗掘は変曲点付近に生じている。堆積は洗掘の対岸に生じている。実験でも同一の相対水深の場合に変曲点付近で洗掘が生じる場合もあるので厳密な比較はできないが、実験と解析を比べると、解析では内岸部の洗掘が小さくなり、堆積位置がやや下流にずれているようである。

図-5、図-6は、ケース3に対する各解析における高水敷高さよりも下層で水深平均した流速ベクトルを示す。これより、外岸変曲点付近で流れが集中し、内岸に向かって大きく加速されてしまっていること、静水圧を仮定するとその傾向が大きいことが分かる。また、静水圧を仮定しない場合であっても、対岸に堆積が生じると流れが外岸変曲点付近に集中し、そこに洗掘が生じることになっていることが分かった。

4. おわりに

静水圧を仮定しない場合には外岸変曲点の流れの集中度と洗掘の大きさが小さくなるが、必ずしも実験と良い一致を見ていない。数値解析の有効性を確認するためには、相対水深の違いによる影響を確かめるかどうかをさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 芦田和男, 江頭進治, 劉炳義他: 京都大学防災研究所年報第32号B-2, pp.527-551, 1989.
- 2) 福岡捷二・大串弘哉・加村大輔・平生昭二: 土木学会論文集 No.579/II-41, pp.83-92, 1997.
- 3) 福岡捷二・渡邊明英・加村大輔・岡田将治: 水工学論文集第41巻 pp.883-888, 1997.
- 4) 福岡捷二・渡邊明英: 土木学会論文集 No.586/II-42, pp.39-50, 1998.
- 5) 福岡捷二・渡邊明英・岡田将治: 水工学論文集第42巻 pp.1015-1020, 1998.

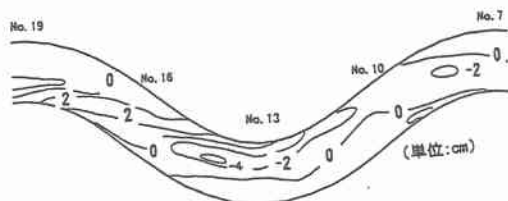


図-2 5時間後の河床形状(実験結果)

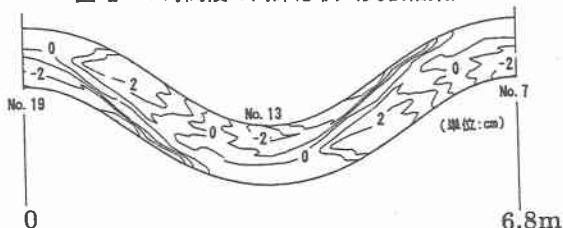


図-3 5時間後の河床形状(解析結果: 静水圧)

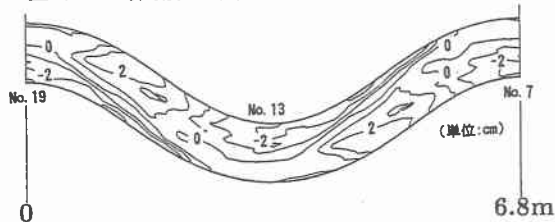


図-4 5時間後の河床形状(解析結果: 非静水圧)

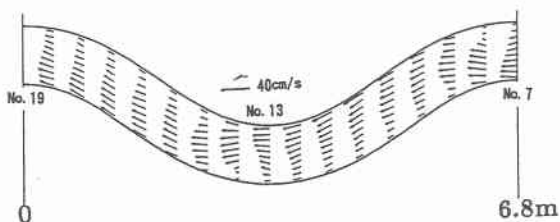


図-5 低水路下層の水深平均流速(静水圧)

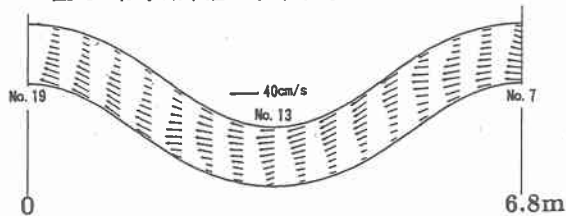


図-6 低水路下層の水深平均流速(非静水圧)