

複断面蛇行水路における底面せん断応力分布

水資源開発公団
広島大学大学院工学研究科
広島大学大学院工学研究科

正会員 ○坂本博紀
正会員 渡邊明英
フェロー会員 福岡捷二

1. はじめに

現在、複断面蛇行流路に関する研究は、数値解析によって実験水路での流れ場や河床変動などの現象を概ね再現できる段階に入っている。しかし、流砂量や洗掘量などの定量的な評価を行うにはまだ問題が残っており、その原因の一つに、解析における底面せん断応力分布の再現性の低さが挙げられる。本研究では、LDV を用いて測定した底面近傍の Reynolds 応力から複断面蛇行流路におけるせん断応力分布を実験的に求め、解析結果と比較検討し、解析における問題点を明かにする。

2. 実験方法及び解析方法

本研究で用いた実験水路の平面形、諸元を図-1, 2, 表-1 に示す。この水路を用いて相対水深を bank-full, $Dr=0.25$, $Dr=0.44$ と3通りに変化させて実験を行った。測定区間は蛇行区間中央の1波長とし、水位は1波長、速変動測定は後半の半波長を測定区間とした。流速測定をした断面を上流側から断面1, 2, ...とする。測定断面は図-2 ように1波長を12等分した13断面である。水位はポイントゲージとレベルを用いて測定した。流速変動についてはI型電磁流速計及びレーザー流速計 (LDV) を用いて測定した。サンプリング時間は共に30秒で、サンプリング周波数は、電磁流速計が20Hz, LDVが120Hzである。

流れ場及び河床変動の算定に用いている数値解析モデルは、流れ場の3次元構造を考慮して、静水圧分布の仮定を用いない3次元数値解析モデルである。このモデルでは、渦動粘性係数は摩擦速度、水深、カルマン定数で与えられ、底面の摩擦速度は、底面付近の流速を抵抗係数で除して与えられる。解析は、前述の複断面蛇行流路に対して行い、この低水路蛇行の1波長を対象区間とする。水路の境界形状が周期的であることから、この区間の縦断方向に周期境界条件を適用している。

3. 実験結果と解析結果の比較

図-3 に剪断応力分布の実験結果と解析結果を併せて示す。ここでは低水路に働く底面剪断応力の平均値で無次元化した値で比較検討する。図より bankfull 流れについては数値解析によって概ね再現出来ている。

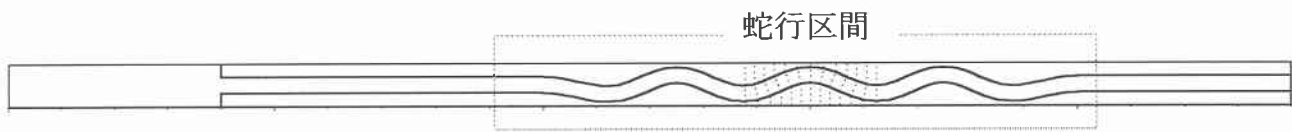


図-1 実験水路平面図

表-1 水路蛇行部諸元

蛇行度	1.058
蛇行波長	2.50 m
蛇行長	2.65 m
最大偏角	27.1°
全水路幅	80 cm
低水路幅	30 cm
高水敷高さ	4 cm

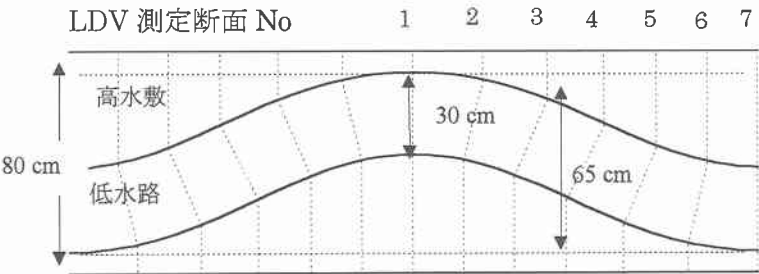


図-2 水路諸元及び測定断面

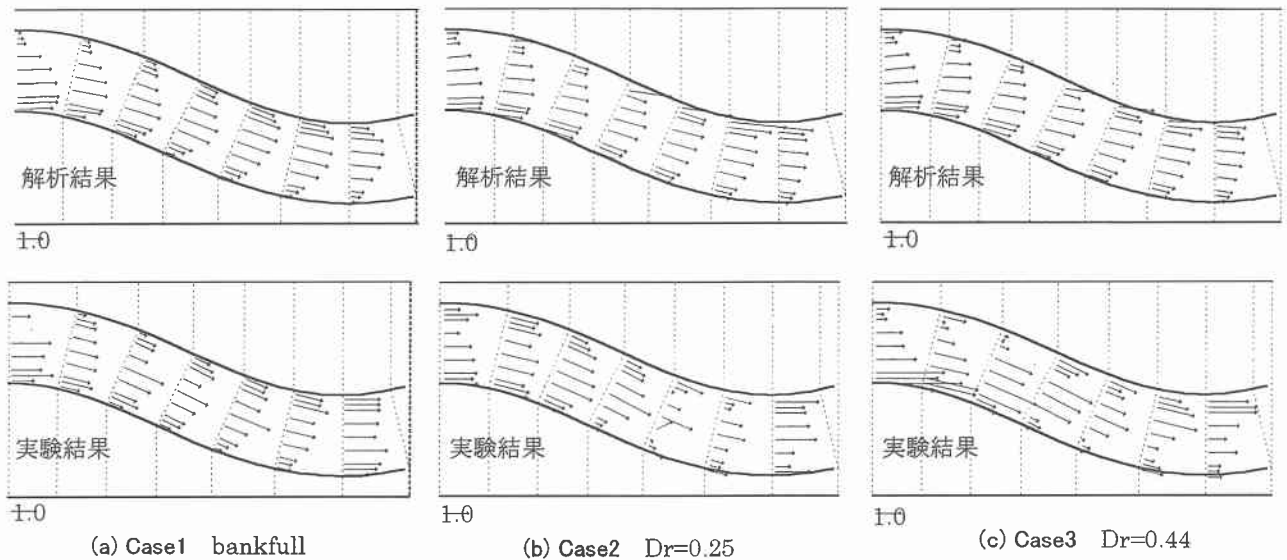


図-3 無次元せん断応力分布の比較

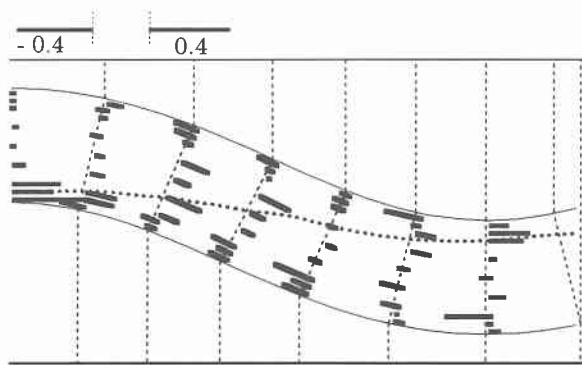


図-4 $\tau'_{exe} - \tau'_{ana}$ の分布 (Dr=0.44)

しかし、相対水深の増加に伴って、解析結果よりも実験結果の方がせん断応力の縦横断勾配が大きくなっている。河床変動はせん断応力に比して生じる流砂量と流砂の連続式を用いて計算されるため、解析によって区間全体で働くせん断応力の大きさを等しく再現できても、せん断力実験値の変化の方が大きいため、実際の河床変動量は大きくなることを示唆している。実験と解析の分布形の違いをより明確にするため、最も違いの大きい case3(Dr=0.44)について、実験値と解析値の差をとり、図-4に示した。

図の黒線は実験値から解析値の差であり、実験値が解析値よりも大きい場合、低水路法線を中心に流下方向にグラフが伸びている。図から低水路と高水敷の境界付近で大きな差が生じていることが分かる。境界付近は低水路と高水敷の混合が活発であり、乱れの輸送、拡散が激しいためであると考えられる。また、各断面において値が正となっている領域を結ぶと、内岸から内岸を結ぶように発生し、これは主流速線の発生位置と一致する。主流速線上では平均流による乱れの輸送が集まる領域であるといえ、この領域では多くの乱れが輸送されることが考えられる。これらのことから、解析値のズレは、断面内における乱れの輸送の影響を考慮せずに、対数則を適用したためであり、乱れの移流及び拡散現象が底面せん断力に関係していることが明らかになった。

4. おわりに

せん断応力の再現性を高めるには、レイノルズ応力の輸送方程式における各項のオーダーを明らかにし、輸送項、拡散項が無視し得ない領域では、それらを取り入れたせん断応力の計算を行う必要がある。このためには、より詳細な3次元LDV測定を行い前述した各項の定量的な関係を実験的に明らかにする必要がある。

[参考文献]

- 1) 福岡捷二,小俣篤,加村大輔,平生昭二,岡田将治: 複断面蛇行河道における洪水流と河床変動,土木学会論文集 No.621/II-47, pp.11-22, 1999.
- 2) 福岡捷二,渡邊明英: 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) 渡邊明英, 福岡捷二: 複断面蛇行水路における流れと河床変動の3次元解析, 水工学論文集第43巻, pp.665-670, 1999.
- 4) 石垣泰輔, 武藤裕則: 複断面蛇行開水路流れの構造と底面せん断力分布について,水工学論文集第42巻, pp.901-906, 1998.