

水防林をともなう複断面蛇行河道の流れ場の計算

広島大学	正会員	○ 高畑 洋
広島大学	正会員	渡辺明英
広島大学	フェロー会員	福岡捷二

1. はじめに

河川には、水害防備林（以下水防林と略す。）などの植生が繁茂しているところが多い。樹木の繁茂領域内では流速が非常に遅くなり、主流との間で大規模な平面渦が形成される。この平面渦が、流れに抵抗を及ぼし洪水位を増大させることから、樹木群の水理的影響の評価が重要な課題となっている¹⁾。近年、樹木群の設置された流れ場に関する数値計算モデルが開発されているが、これらは直線水路を対象としたものが多い。ここでは一般的な水防林の存在形態を考慮し、複断面蛇行水路の低水路河岸に水防林がある場合の流れを計算し、これを実験結果と比較する。計算には、複断面蛇行流れの計算において有効性が確認されている、スペクトル選点法による3次元解析法を用いる。

2. 実験方法および条件

実験は図.1に示す全長22.5m、全水路幅2.2m、勾配1/600の水路を用いる。低水路は幅0.5m、中心線の振幅が0.2mの正弦曲線で、蛇行度1.02、最大蛇行偏角17°となっている。高水数は低水路底面より0.045mの高さに設置され、そこに人工芝が敷かれている。低水路兩岸の前面に0.03mの幅で、ナイロン樹脂製の多孔質体からなる水防林模型が設置されている。水理条件は流量15.0l/s、平均水深0.074m、相対水深0.4である。電磁流速計、ポイントゲージおよび容量式波高計を用いて、流速、水位および樹木群近傍の水面変動を測定している。電磁流速計および容量式波高計は、それぞれサンプリング周波数20Hz、サンプリング数600および2400に設定されている。

3. 計算方法²⁾および条件

ここでは計算の簡略化のために、圧力に関して静水圧近似を行う。基礎方程式は、 x - y 平面直交座標から ξ - η 平面一般曲線座標に変換した、 x および y 方向の運動方程式と連続式である。鉛直方向流速 w は、平面方向流速 u 、 v を連続式に代入し、これを鉛直方向に積分して計算する。ここでは水路形状と流れ場が流下方向に周期的であると仮定し、流速 u 、 v 、 w 、水位 s および各計量テンソルを、水路の蛇行波長を1次モードとしたフーリエ級数で表わす。これらを運動方程式、連続式に代入して、時間積分することにより、流速および水位が計算される。渦動粘性係数は、カルマン定数 κ 、底面摩擦速度 u_* 、水深 h 、河床からの高さ z' を用いて、 $\kappa u_* z' (1 - z'/h)$ で表わしている。樹木による抵抗は、透過係数 K_s で評価し、 $K_s = 0.47(\text{m/s})$ とする¹⁾。境界ではスリップ条件を与え、マニング則により底面せん断力が求められる。粗度係数は、低水路内で $n = 0.012$ 、高水数上で $n = 0.023$ が与えられている。

図.2に計算で用いるメッシュイメージを示す。水路形状は実験と同じにしている。メッシュは、平面的に 64×68 個あり、鉛直方向には、高水数高さのところでメッシュを区切っている。本モデルでは、0-7次モードまで解析する。計算1ステップの時間間隔は0.001秒で与えられている。

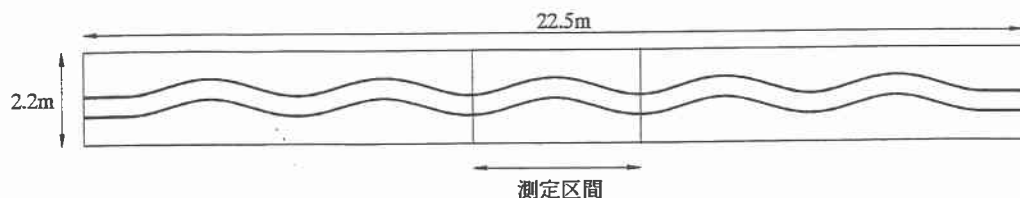


図.1 実験水路

4. 結果

図.3には電磁流速計を用いて測定した平均流速ベクトルを示す。低水路内の最大流速線は、蛇行低水路の内岸から内岸へ沿う流れとなっている。また、水防林により高水敷上、低水路内ともに水防林近傍で流速が減少している。特に、低水路の最大曲率断面の内岸近傍の高水敷上においては、低水路から高水敷に流出する流れが減速され、流速が非常に遅くなっている。図.4には、流れ場が定常的な周期変動に達した後の20秒間平均流速ベクトルの計算結果を示す。図.3と比較すると、高水敷高さより上層の流速ベクトルは一致している。また、高水敷高さより下層においては、一致の程度は劣るが、流速の分布形は一致している。

水位の測定値を図.5に示す。水防林の周辺において水位が増大している。特に最大曲率断面の外岸側から下流において、遠心力により低水路側の水位が高水敷側よりも大きくなっている。同じ図に、流れ場が定常的な周期変動に達した後の20秒間平均水位の計算結果を示す。計算結果は、低水路内において、実験における分布形の特徴を概ねとらえている。実験では、最大流速の発生する低水路の最大曲率断面の内岸側から、横断方向の大きな流速差のために渦が4~5秒間隔で周期的に発生し³⁾、水面変動がみられるが、計算においてもそのような周期変動がみられる。

5. 結論

本計算では、鉛直方向の格子分割は高水敷高さを挟んで上下1つずつであり、圧力は静水圧近似という簡単なものであったが、複雑な流れ場の特徴をとらえることができた。高水敷上の水位と低水路の高水敷高さ以下の流速の不一致は、底面粗度、樹木群の透過係数の設定に起因するものと思われる。

参考文献

- 1) 藤田・福岡：土木学会論文集II-15, pp.27-36, 1991.
- 2) 福岡・渡辺：土木学会論文集II-42, pp.39-50, 1998.
- 3) 平林・岡部・福岡：第50回中国支部研究発表会発表概要集, 1998.

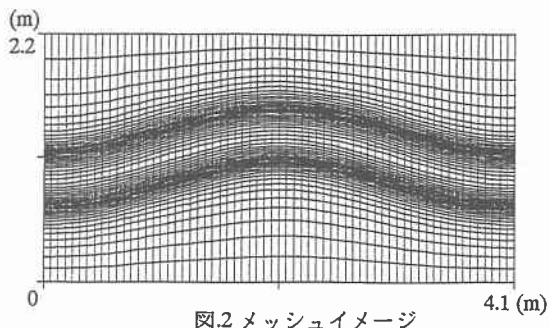


図2 メッシュイメージ

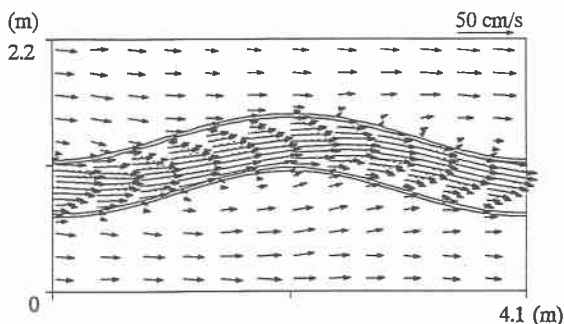


図3 流速ベクトル図（実験）
実線：水面下1cm 破線：水面下6cm

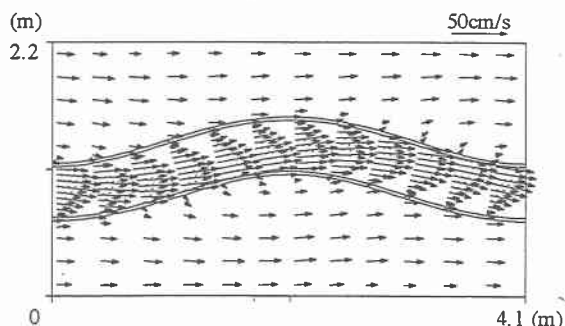


図4 流速ベクトル図（計算）
実線：高水敷高さより上 破線：高水敷高さより下

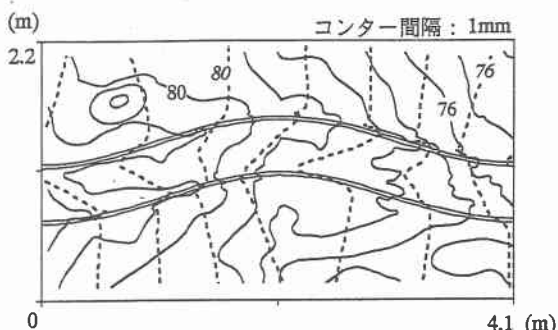


図5 水位コンター
実線：実験 破線：計算
数字は下流端の低水路底面からの高さ(mm)