

複断面河道における樹木群の繁茂位置が流れの3次元構造に及ぼす影響

広島大学 工学部 ○渡辺明英

広島大学 工学部 福岡捷二

1. はじめに

複断面河道の河岸沿いに樹木群が繁茂すると、洪水時には大規模な平面渦が発生し、これに伴う運動量交換によって大きな抵抗が生じることが明らかになっている¹⁾。樹木群がある河道における洪水流の水利解析には、境界混合係数を用いた準2次元解析法が適用されている¹⁾。ここでは、境界混合係数を用いなく、樹木群がある場の流れを解析できる3次元数値モデルを用いて、樹木の繁茂位置と流れの3次元構造と抵抗特性について検討を行うことにする。

2. 解析方法及び解析条件

図1は、解析対象とした片複断面の水路形状を表わしている。低水路幅は50cm、高水敷幅は30cmである。水路勾配は1/600で、低水路水深9cm、高水敷水深4cmとなるように設定した。樹木群の透過係数は $K=0.38(\text{m/s})$ である。本文では、幅4cmの樹木群を低水路内河岸際に設置した場合をケース1、高水敷上河岸際に設置した場合をケース2とする。解析には、著者らが開発した流れ方向に周期境界条件を適用し、スペクトル法を用いることで精度良く流れ場を求めることが可能な3次元数値解析モデルが用いられている^{2) 3)}。樹木は、断面内の樹木群がある位置において透過係数に対応する抵抗が生じるようにすることでモデル内に取り込まれている。低水路と高水敷の抵抗は、底面抵抗係数と底面近傍流速で表わされ、低水路と高水敷の底面抵抗係数はそれぞれ15, 4.5とされた。解析は高さ方向に、高水敷高さより下層の低水路で5分割、高水敷上で3分割されている。また、流れ方向には32分割、横断方向に80分割されている。本スペクトル法では、FFT法による高速化が図られており、流れ方向に32分割されている場合には、基本長を1次モードとする7次モードまでの波動成分について解析が行われることになる。本解析では、基本長は2.4mに選ばれている。なお、今回の解析では、静水圧分布を仮定した解析が行われている。

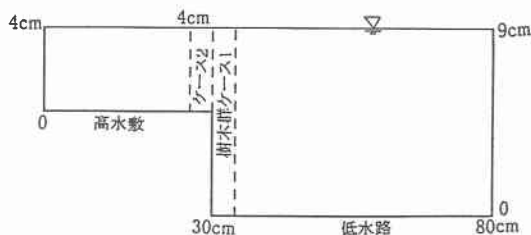


図1 水路の断面形状

3. 計算結果

図2、図3はそれぞれケース1、2における計算開始80秒後の流れ場の解析結果を表わしたものである。ベクトルは、低水路高さより上で水深平均した流速ベクトルから渦中心付近の流速(25cm/s)を差し引いた相対流速ベクトルを、コンターラインは1mm毎の水位変動の分布を表わしている。これより、どちらの場合においても、明瞭な渦構造が現われている。図に示してはいないが、ケース1、2共に低水路下層においても同様な流れが解析結果に現われていた。しかしながら、渦構造によって生じるレイノルズ応力は上層部と下層部で異なり、特にケース2の低水路下層部においては、ほとんど応力を発生させていない状態となっていた。樹木群境界面で生じる各層の水深平均せん断応力は、ケース1の上層低水路側で約 $41\text{cm}^2/\text{s}^2$ 、下層で約 $17\text{cm}^2/\text{s}^2$ であるのに対し、ケース2の低水路上層で約 $23\text{cm}^2/\text{s}^2$ 、下層で $1\text{cm}^2/\text{s}^2$ 程度である。せん断応力の絶対値は構造の発達状況や基本波長の与え方に依存する過程ために、そのまま単純な比較はできないが、応力の鉛直分布はケース1、2の間で大きく異なっている。渦の中心では水位が低くなり、

渦の外側では水位が高くなっている。渦構造の影響範囲は大きく蛇行しているケース1の方が広い。ケース1では低水路部における流速が全体的に小さくなっており、先に述べたように、ケース2比べてより大きな抵抗が生じている。

図4、図5はそれぞれケース1、2における先と同時刻における断面内の平均流れの構造を表わしている。ベクトルは縦断平均した横断方向流速を、コンターラインは5cm/s毎の主流速の分布を表わしている。これらの図から主流速の鉛直分布は、樹木群が低水路内にないケース2の場合には低水路岸近傍では上層が遅くなり、下層で速くなっている。一方、樹木群が低水路内にあるケース1の場合には樹木群近傍で鉛直分布は一様化が進んでいる。また、数cm/s程度の大きさであるが断面内に平均的な二次流が生じている。ケース1、2ともに、低水路中央上層で高水数に向かう流れとなっている樹木群近傍低水路側では、ケース1とケース2で向きが異なっており、ケース2では上層で低水路に向かう流れとなっている。これにより、横断面内の主流速の分布が異なっていると考えられる。しかし、二次流の大きさや、主流速分布の変形も小さく、また水理条件によっては流れの状況は異なる可能性があり、二次流の影響についてはモデルの精度も含めて、さらに十分な検討と検証が必要であると思われる。

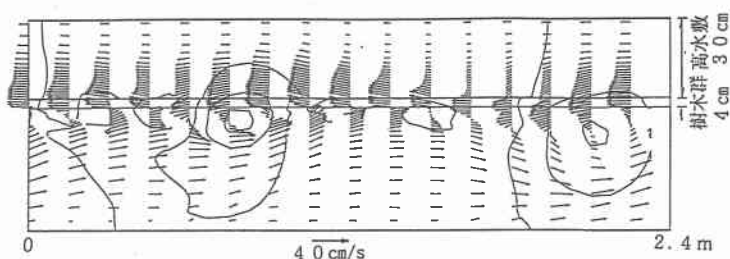


図2 相対流速ベクトルと水位変動コンター(ケース1)

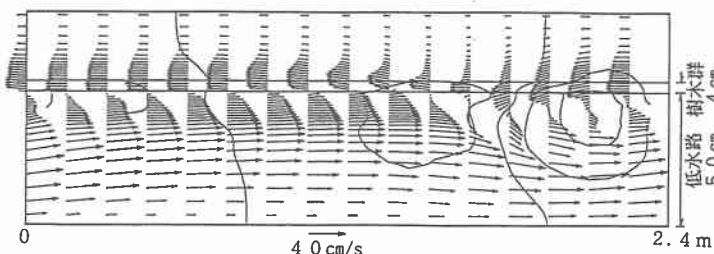


図3 相対流速ベクトルと水位変動コンター(ケース2)

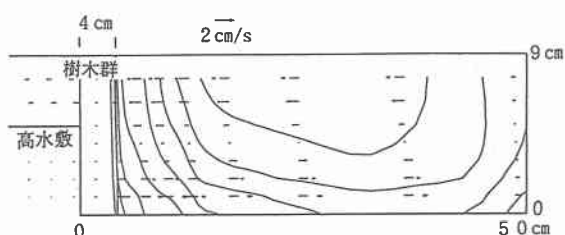


図4 主流速と横断流速の断面分布(ケース1)

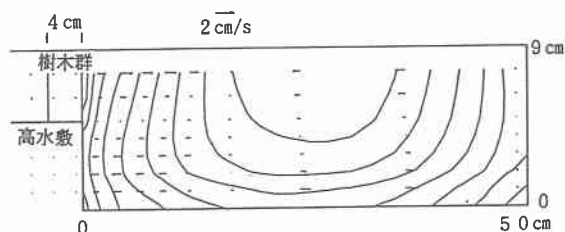


図5 主流速と横断流速の断面分布(ケース2)

4. おわりに

静水圧分布を仮定して樹木群がある複断面河道にいて3次元数値解析を行った結果、解析で得られた流速場は2次元性が強いように見える。しかしながら、横断方向のレイノルズ応力の鉛直分布は、樹木群の位置で異なり、樹木群が高水数上にある場合には低水路下層では大きなせん断応力は生じない。このことは、樹木群の配置位置が、流れ場の構造に対して大きな影響を及ぼすこと、樹木群のある流れ場を解析する上で樹木配置によっては3次元性を考慮する必要があることを示している。

参考文献

- 1) 福岡・藤田:土木研究所報告第180号, 1990.
- 2) 渡邊・福岡:土木学会中国支部年次講演会概要集, 1996.
- 3) 渡邊・福岡:土木学会年次講演会概集, 1996.