沈水状態の植生群落を伴う開水路流れの抵抗特性と流動機構

| 熊本大学大学院 | 学生会員 | 田中 | 貴幸 | 田中 寿幸 鳥越 一隆 |
|---------|------|----|----|-------------------|
| 熊本大学工学部 | 学生会員 | 田中 | 慎也 | 熊本大学大学院 正会員 大本 照憲 |

1.はじめに

近年の河川工法においては治水、利水に加え、河川 環境の整備と保全が求められるようになり,河川に繁 茂する植生や樹木は,生物の生息・生育空間,景観な どの面から重要な役割を果たしている.一方で河道内 の植生は洪水時には流水に対する抵抗要素となり,洪 水位の上昇要因となるなど治水安全度上のマイナス面 を有することから河道内の植生群落に対するより適切 な管理が求められる.このような河道内における植生 の重要性から、植生群落を伴う河川流および開水路流 の抵抗特性や流動機構に関する研究は多くなされてい る.大本ら¹⁾は非越流状態において,植生帯を横断方 向に対称性を有するように 2 列に配置し, その植生帯 間の距離を変化させることで,植生帯間の距離の違い による流れの抵抗特性および流動機構の検討を行った. このように,非越流状態における植生帯間の相互作用 が開水路流れの抵抗に与える影響については詳細な検 討が行われているものの, 越流状態を対象とした検討 は行われていない.そこで,本研究では越流状態に注 目し,植生帯間の距離を変化させることで,植生帯間 の距離の違いによる流れの抵抗特性および流動機構に ついて詳細な検討を試みた.

2.実験装置および実験方法

実験は全長 10m,幅 B=40cm,高さ 20cmのアクリル 樹脂からなる循環式可変勾配水路を使用した.植生帯 の模型にはプラスチック板に水流の流れに追随して撓 む 6.10 ナイロンブリュウスル(曲げ剛性 EI=1.45 × 10^4 g·cm²)を0.5cm間隔で貼り付けたものを模擬植生帯 とした.模擬植生帯は水路上流端より 100cmの位置か ら 840cmに渡って配置した.**図-1**のように植生帯間の 距離 B_cを0~30cmで横断方向に対称性を有するように 変化させていく.植生帯間の距離が B_c=0cmの場合は水 路中央1列に,B_c=30cmの場合は水路両岸に植生帯を 配置している状態を表す.また,座標系は植生帯先端 の水路中央を原点とし,流下方向に x 軸,横断方向に y 軸,鉛直方向に z 軸とする. また,それぞれの流速成分を u,v,w,平均値を U,V,W, 変動成分を u',v',w'と表す.実験条件を表-1のように設 定し,ポイントゲージを用いて水深を計測した.流動 機構の検討においては電磁流速計を用いた流速の点計 測を行った.

3. 抵抗特性

図-2 に示す植生帯間の距離の変化に伴う水深変化の 様子を見てみると,植生帯水路中央 1 列配置である $B_c=0cm$ から2列配置に変化させると水深が緩やかに増 大していき, $B_c=9cm$ より植生帯間の距離を広げると水 深が急に大きくなり 上向きの放物線を描くように増 加していく.そして $B_c=15cm$ において水深が最大値を とった後,水深は緩やかに減少していき,さらに $B_c=21cm$ より植生帯間の距離を広げると水深は急激に 減少していく様子が読みとれる.

図-3 に植生帯間の距離の違いによる抵抗特性を粗度 係数 n を用いて評価した値を示す.粗度係数 n の算出 においては,潤辺長を流体が接する固体境界面の周辺 長と定義した.図を見ても明らかなように水路勾配 I=1/300のケースでは他のケースに比べ n 値が70%程度 と小さな値をとる.またいずれのケースにおいても B_c/H が約 1.5~1.8 付近において n 値が最大値をとる.

4. 流動機構

(1) 主流速分布および二次流ベクトル

図-4 は各ケースにおける時間平均した主流速 U の等 値線および二次流ベクトルを示す.主流速分布に注目 すると,いずれのケースにおいても植生帯内および植 生帯上層では主流速は極端に抑えられ,植生帯境界付 近では主流速が急激に変化し,鉛直方向に植生帯を有 さない領域において主流速が極大値をとる.鉛直方向 に植生帯を有さない主流域では,水面付近に比べ底面 付近において主流

速が大きくなる様 子が見てとれる。 また,植生高さ以





下の鉛直位置においては,横断方向に植生 帯境界を有することから主流速の横断方向 変化が大きくなるが,植生帯上層の鉛直位置 においては植生による流れの影響が小さい ことから,主流速の横断方向変化は小さくな る.

二次流ベクトルに注目すると ,B。=0,15 お z/H., よび 21cm ではいずれも植生帯内では上昇 1.2 流となり,植生帯上では植生帯から離れる方 1.0 向をとる.その後下降流となって周囲の高速 0.8 流体を伴いながら,半植生高さ付近およびそ れ以下の鉛直位置において植生帯内に入り 0.6 込む.このようなローラー状の二次流が植生 高さの 8~9 割程度の鉛直位置において,植生 帯境界を中心として形成されている様子が見 てとれる . B_c=15cm に注目すると,両植生帯内側境界 を中心とした水深スケールのローラー状の循環流が水 路中央で対をなして形成されている様子が見てとれる. このため, B₀H が約 1.5~1.8 となるような条件下にお いて、ローラー状の循環流が最も安定して形成され、そ の影響により流れの抵抗が大きくなることが示唆され る.B_c=3cmに注目すると,植生帯外側境界においては その他のケースと同様の二次流の挙動をとるが,水路 中央の非植生域ではその他のケースと異なり上昇流が 見られる.これは植生帯間の距離が狭いことから減速 域が広がった状態となり,そのため B_c=0cm と同様な二 次流の挙動をとることが要因として考えられる.

(2) 運動量輸送特性

横断方向および鉛直方向の運動量輸送を次式で与える.

$$uv = (U + u')(V + v') = UV + u'v'$$
(1)

$$\overline{uw} = \overline{\left(U + u'\right)\left(W + w'\right)} = UW + \overline{u'w'}$$
(2)

UV,UW は移流による運動量輸送を,uv,uwは流速 変動による運動量輸送を示す.移流による運動量輸送 と流速変動による運動量輸送をたし合わせた全運動量 輸送により,植生帯境界における運動量輸送特性の解 明を試みる.植生帯内側および外側の両境界では横断 方向における運動量輸送について,植生帯上の境界で は鉛直方向における運動量輸送について検討を行う.

図-5にB_c=0,3,15 および 21cm における植生帯境界付 近の全運動量輸送を示す.B_c=3cm に注目すると,植 生帯外側境界に比べ,内側境界では運動量輸送が極端 に抑えられている.B_c=15cm では植生帯内側と外側の 両境界において同程度の運動量輸送量をとる.B_c=21cm においても植生帯外側境界と内側境界が同様の値とな るが,これは図-4の二次流ベクトルをみてもわかるよ うに,植生帯外側境界でも内側境界と同様に移流によ る運動量輸送量が大きくなるためである.植生帯上に おける全運動量輸送の分布に注目すると,各ケースと も類似の分布をとり,植生帯の距離の違いによる変化 はほとんど見られない.そのため,植生帯内側および 外側両境界で運動量輸送量が大きくなる B_c=15cm にお いて,最も運動量輸送が活発となる.このことから, 植生帯境界における運動量輸送が活発となる条件下に



図-4 主流速 U の等値線および二次流ベクトル



おいて,流れの抵抗が大きくなることが明らかになった.

5.おわりに

本研究では越流状態において,植生帯間の距離の違いによる流れの抵抗特性および流動機構について検討を試みた.二次流特性に注目すると,植生帯間の距離と水深の比 B_c/H が約 1.5~1.8 となるような条件下において水路中央で対をなすローラー状の循環流が最も安定して形成され,その影響により流れの抵抗が大きくなることが示唆された.また,運動量輸送特性においても同条件下で運動量輸送が最も活発となった.この結果より,二次流特性および運動量輸送特性は,植生帯間の距離の違いによる流れの抵抗特性に大きく影響を与えることが明らかになった.

参考文献

1)田中貴幸,大本照憲,田中寿幸:植生群落間の相互作用が開水 路流れの抵抗に与える影響,応用力学論文集,Vol.9,pp.941-950, 2006.