

直立性植生群を有する開水路流れの詳細平面 2 次元解析と空間平均解析の比較検討

国土交通省 正会員 柴山 慶行
 京都大学 正会員 ○音田 慎一郎
 京都大学 フェロー会員 細田 尚

1. はじめに

本研究では、植生群を有する開水路流れにおいて、植生を 1 本 1 本詳細に表現した場合と空間平均化して表現した場合の数値解析を行い、流れの抵抗特性について両者の結果を比較することで数値モデルにおける植生群の評価手法を考察したものである。

2. 詳細平面 2 次元解析

正四角柱のモデル植生群を仮想水路の片側半面に千鳥状に配置し、微細格子を用いて植生群を 1 本 1 本表現した場合について詳細平面 2 次元解析を行う。基礎式には一般座標系での平面 2 次元モデルを適用する。

図-1 に示すように、長さ 30m、幅 1.2m、水路勾配 1/1400 のモデル水路の片側に 22m の植生区間を設け、1 辺が 0.03m の正四角形直立モデル植生を千鳥状に配置する。流れ方向と横断方向の植生間隔 L_x 、 L_y を変化させた 5 ケースについて数値解析を行い、せん断不安定渦の発生に伴う流れの抵抗増加について考察する。格子幅は流れ方向、横断方向とも 0.01m である。境界条件については、上流端流量に $0.009\text{m}^3/\text{s}$ を、下流端水深に 0.03m を全ケース同様に与えた。また、植生を示すメッシュでは、植生と流体の境界面に対して直交する方向の流速を 0 とした。数値解析法には有限体積法を用いた。また、移流項の離散化には QUICK スキームを用い、時間積分には 2 次精度 Adams-Bashforth 法を適用した。植生の配置条件を表-1 に示す。

図-2 は植生の密生度が最も大きい Case 1 と最も小さい Case 5 の水深コンター図と流速ベクトル図を示したものである。図をみると、Case1 では赤丸で示しているようにせん断不安定渦の発生が確認できるが、Case 5 では青丸で示した渦は時間の経過とともに消えており、カルマン渦に起因するものと考えられる。図-3 は時間平均操作を行った後の $y = 0.65\text{m}$ における水位の縦断分布を比較したものである。図をみると、密生度が大きくなるほど、水位上昇も大きくなっていることがわかる。

3. 空間平均解析

本研究では 2 つの空間積分モデルを適用し、詳細解析結果と比較することで現象の再現性を考察する。1 つ目のモデルは、植生の体積濃度と植生による抗力を考慮したものであり、固液混相流の基礎式をもとに導出された水深積分モデルである。2 つ目のモデルは、河川洪水流解析で汎用されている準 2 次元解析における境界混合係数の概念¹⁾を参考に上記の空間積分モデルに付加したものである。

3. 1 植生群による抗力を考慮した空間平均モデル

植生群の体積濃度を考慮するため、固液混相流の 3 次元基礎式を水深方向に積分した基礎式を用いる。なお、

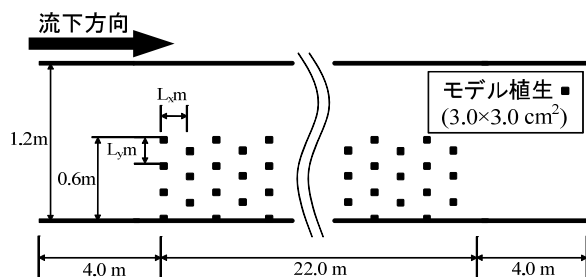


図-1 計算条件

表-1 モデル植生の配置条件

	L_x (m)	L_y (m)	密生度	体積濃度
Case 1	0.1	0.1	3.3	0.090
Case 2	0.1	0.2	1.7	0.045
Case 3	0.2	0.1	1.6	0.045
Case 4	0.2	0.2	0.88	0.023
Case 5	0.4	0.2	0.44	0.011

キーワード 直立性植生群、流れの抵抗、平面 2 次元モデル、数値シミュレーション

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3 TEL 075-383-3268

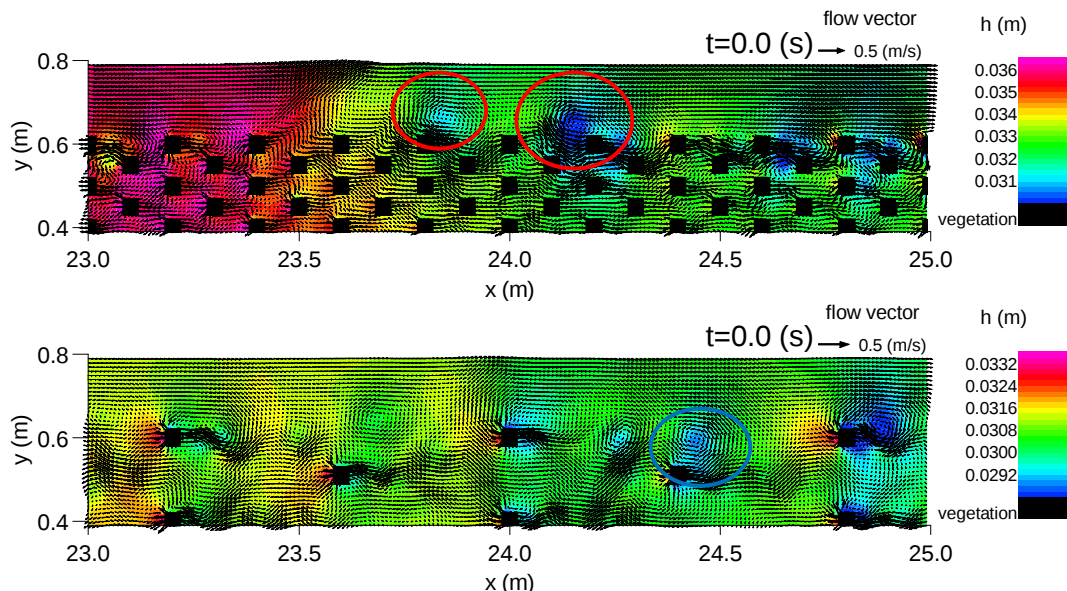


図-2 水深コンター図と流速ベクトル図（上: Case 1, 下: Case 5）

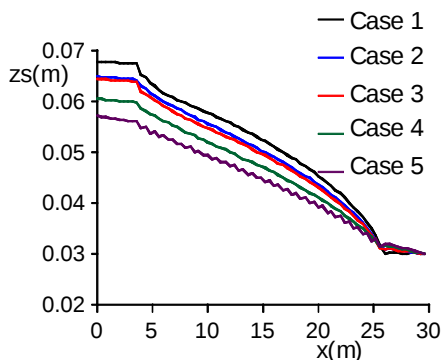


図-3 水位の縦断分布

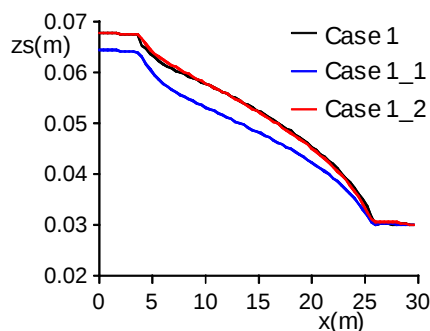


図-4 水位の縦断分布

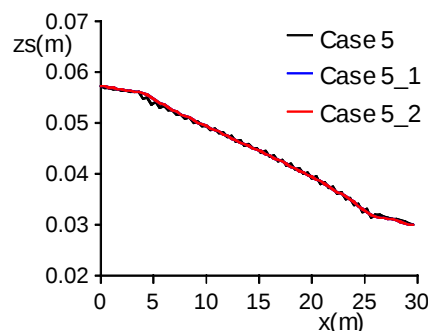


図-5 水位の縦断分布

植生による抗力を密生度と抵抗係数によって評価する²⁾。

3. 2 境界混合係数を導入した空間平均モデル

ここでは、空間平均化することで再現できないせん断不安定渦に伴う抵抗増加を、準2次元解析と同様に境界混合係数を用いて評価し、3. 1の空間平均モデルに導入する。格子幅は、両空間平均モデルとも流れ方向に0.4m、横断方向に0.2mであり、抗力係数には2.1を与えた。

4. 詳細解析結果と空間平均解析結果の比較

図-4, 5は $y = 0.65\text{m}$ における水位の縦断分布について詳細解析結果と空間平均解析結果を比較したものであり、Case1_1, 1_2はそれぞれ3. 1, 3. 2で示した空間平均解析の結果である。植生群の体積濃度と抗力を考慮したCase1_1では詳細解析結果と一致していない。これは、Case 2, 3, 4でも同様の結果が得られており、植生境界に発生するせん断不安定渦に伴う抵抗増加が適切に考慮されていないため、Case1_1では水位が低く計算されたと考えられる。一方、詳細解析結果においてせん断不安定渦が明確には確認できなかったCase5では、Case5_1においても詳細解析結果とほぼ一致している。次に、境界混合係数を導入した空間平均解析結果と詳細解析結果を比較する。図-4, 5中の結果はCase 1_2, 5_2の境界混合係数にそれぞれ0.068, 0.001を与えた場合の結果である。図をみると、どちらのケースにおいても詳細解析結果の水位と良好な一致が見られる。

参考文献

- 1) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，森北出版，2005。
- 2) 清水義彦，辻本哲郎，中川博次：直立性植生層を伴う流れ場の数値計算に関する研究，土木学会論文集，No.443/II-19, pp.35-44, 1992。