

農業工学研究所 正会員 ○中矢哲郎

農業工学研究所 正会員 丹治肇

農業工学研究所 正会員 桐博英

1. はじめに

ヨシやマコモなどの抽水植物群や水制、ワンドを水路側岸に有する流れ場には、大規模水平渦が発生し浮遊砂堆積を促進することが知られている。これまでにこの大規模渦に関する研究は、発生要因に関する研究や数値計算上における現象の再現に焦点があてられてきたが今後は、湿原やため池、水田への浮遊土砂やそれに混入する栄養塩の堆積を抑制することに応用する研究が望まれる。本研究では、透過水制として植生群を用い、水制と植生群が持つ水平混合効果を組み合わせることにより浮遊砂捕捉効果を促進させる方法について検討する。

2. 実験及び数値計算の概要

単断面の直線水路片側に木製円柱を格子状に設置することで図-1 に示すような側岸に非水没型のヨシなどの植生群を有する開水路を表現した。水路上流端から流下方向に x 軸、右岸側壁から横断方向に y 軸、鉛直上向きに z 軸をとる。植生密度は木製円柱間隔を変化させることにより調整した。植生密度 λ は（流下方向への抵抗体の投影面積）/（抵抗体が占める空間の体積）より、 $\lambda = d/L_x L_y$ で与えられる。ここで d , L_x , L_y の定義は図-1 に示す通りである。

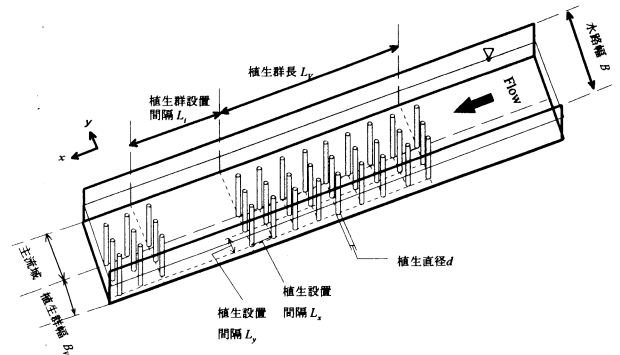


図-1 実験水路の概要と記号の定義

表-1 実験条件

実験番号	水路床 勾配	B (cm)	流量 (l/s)	水深 (cm)	B_y (cm)	L_y (m)	L_x (m)	L_x, L_y (cm)	d (cm)	λ $d/L_x L_y$
Case1	0.001	58.0	8.0	7.7	29.0	3.0	0.0	2.50	0.80	12.80
Case2	0.001	58.0	8.0	7.7	29.0	1.0	1.0	2.50	0.80	12.80
Case3	0.001	58.0	8.0	7.7	29.0	0.5	0.5	2.50	0.80	12.80

供給土砂	50%粒径 (mm)	分類	比重	土砂濃 度(ppm)	総流砂 量(g)
Mkクレー	0.037	粗粒シルト	2.6	10000	40000

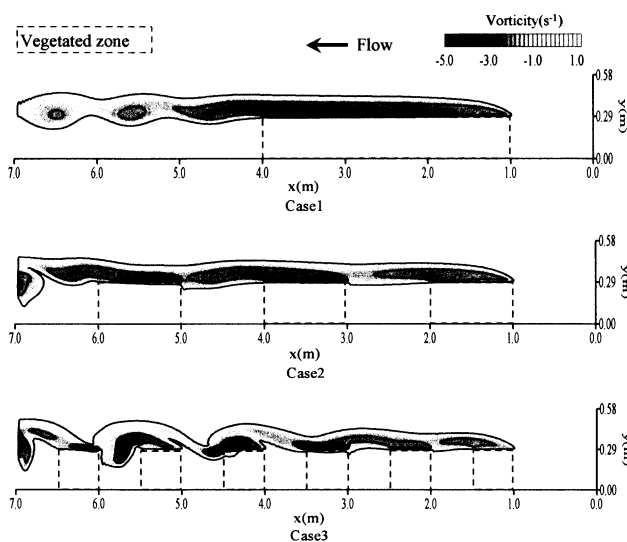


図-2 流れの瞬間構造（渦度）の計算結果

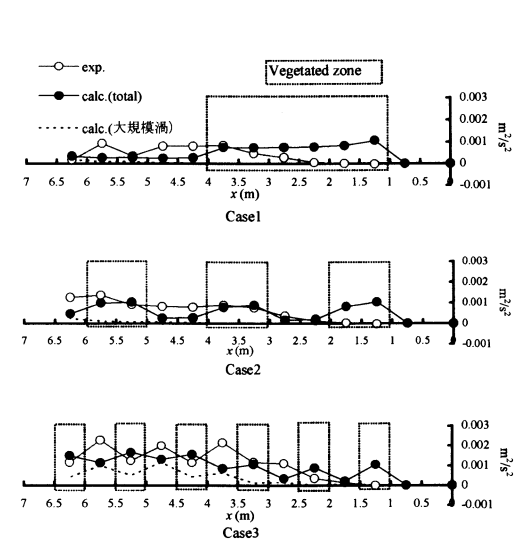


図-3 植生域と主流域の境界付近のレイノルズ応力（乱れ成分）

植生、浮遊砂堆積、大規模水平渦、SDS&2DH モデル

〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6 TEL. 029-838-7568 FAX. 029-838-7609

計測は、6割水深点での平面2元的な流速分布を2成分電磁流速計で測定した。取得データは20hzで1200点とした。土砂堆積実験では粗粒シルトに属する土砂を水に混ぜ一定濃度の濁水を作成し、濁水投入器より水路上流から流入させた。土砂投入終了後水を抜き、堆積土砂厚をポイントゲージにて測定し、風乾後堆積土砂重量を測定した。

実験条件は表-1に示す。植生群の占有密度は一定にし、植生群幅/植生群長比を変えたCase1からCase3について、その他の水理条件を一定にして実験を行った。

計算モデルにはSDS&2DHモデル(subdepth-scale & 2-D horizontal)を用いた。

3. 結果と考察

(1) 水深平均流速の実験値と計算値の比較

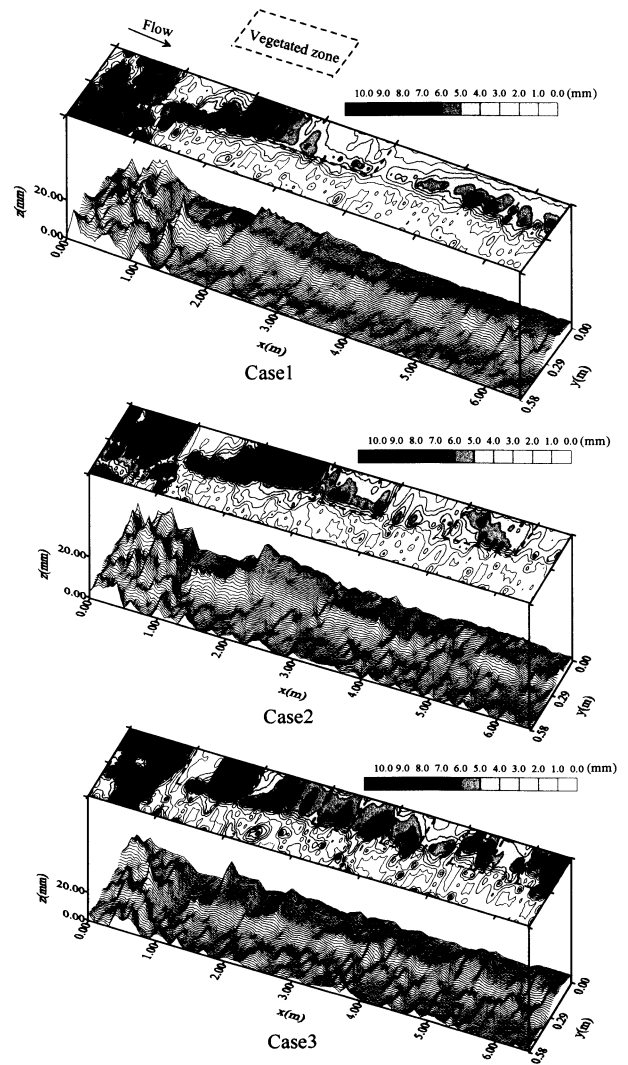
植生群に入ると急速に流速が低減し、横断混合の増加により抵抗が増加し植生群境界付近の流速が減少すること、植生群間ではこの流速低減域がより奥まで入り込んでいることがわかった。数値計算ではこれらの特徴を概ね再現できることがわかった。

(2) 運動量輸送と水平渦の関係

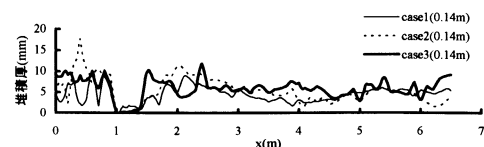
植生領域と非植生領域の境界での運動量輸送効果を、レイノルズ応力を算定することで把握した。今回は非定常な渦現象に着目するため乱れ成分のみを対象とした。図-3に植生域と非植生領域の境界におけるレイノルズ応力の流下方向の分布の実験結果及び計算結果を示す。植生群幅/植生群長比が小さく植生群の散在化が大きいCase3が、短い流下距離でレイノルズ応力が発達し始め、最大値が最も大きくなることがわかった。数値計算により算定される渦度の瞬間構造(図-2)から大規模渦の発生状況を把握した。Case3がより短い流下距離で大きな水平渦を発生しており、浮遊砂の輸送を促進することが予想された。これらの結果より今回の実験条件では植生群の散在化が大きいほど、大規模水平渦が発達し、運動量輸送を促進することがわかった。

(3) 土砂堆積特性

図-4に実験における浮遊砂投入後の堆積厚を示す。図中最下部には植生域の中心断面の堆積厚の分布を示す。全ケースとも植生群前面では堆積量は著しく少ない。この原因として植生群前面は流れが3次元的になり、上昇流等の鉛直方向の流れが生じていることが予想される。Case2,3では植生群間の堆積量が増加することがわかった。3m以降では水平渦が最も発達するCase3の植生群側の土砂堆積厚が大きくなり、水平渦が浮遊砂捕捉に大きく寄与していることがわかった。水路内の堆積土砂の風乾重量を測定し、植生群の土砂捕捉率(植生群内の土砂堆積量/総流砂量)×100を算定したところ、Case1で15.3%、Case2で17.3%、Case3で17.5%という結果になり今回の実験ケースにおいて相対的に比較すればCase2,3がCase1より捕捉効果が大きいことが明かになった。



各ケースにおける堆積厚の分布



y=14cm (植生領域中心)における堆積厚の縦断分布

図-4 土砂堆積厚の実験結果