

II-293

人工ワンド開口部の形状変化が流れに及ぼす影響

芝浦工業大学工学部 正員 菅 和利
 芝浦工業大学大学院 学員 垂 秀明
 五洋建設 三井 聡

1. 研究目的

近年河川の豊かな自然環境と美しい景観を保全・創出する目的で「多自然型川づくり」が全国で進められており、その一環として生物に優しい河川構造物としてワンドが注目されている。ワンドとは、河川に設置された水制に土砂が堆積し、河川水が池のように滞留する淀み部のことである。ワンド内は主流と比べると流速が小さく、形状は変化に富み様々な植物群落が形成される。そのため、多種の生物にとって格好の生息、繁殖、避難場所となり、自然豊かな水辺環境が創出されている。人工ワンドは河川の高水敷の一部を掘り込んでつくられるが、その周辺の流れ場は複雑であり、その水理特性については解明されていない事が多い。

本研究では、開口部の長さとお興行きの比が3:1の長方形の人工ワンドを想定し、ワンド周辺の流れ場の詳細と、人工ワンド開口部の形状変化が運動量輸送や物質交換にどのような影響を与えるのかを実験的に明らかにすることを目的として、トレーサーを使用した流れの可視化と流速計による点計測を行った。

2. 実験装置と方法

実験では全長25m、幅1m、河床勾配1/2000の直線水路を使用した。水路片側に幅60cm、高さ5cmの鉄板を設置することにより高水敷を設け、水路上流端より10.6mの位置に長さ60cm、奥行き20cmの切り込みを入れてワンドを造成した(図-1)。ワンド開口部にはアクリル板、またはプラスチック製の模擬植生を用いて仕切をつけ表-1のA～Eまで変化させた。実験条件を表-1に示すが、Qは流量(l/s)、 U_m は主流速(cm/s)である。

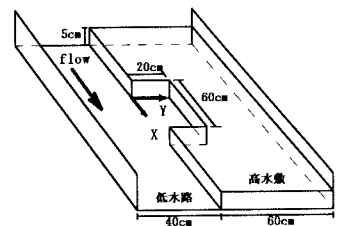


図-1 実験水路

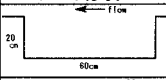
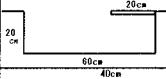
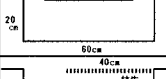
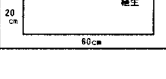
流れの可視化にはウォータブルーをトレーサーとして使用し、ワンド開口部の流れの様子をビデオカメラで撮影した。ワンド内の時間平均流れは二次元的であると想定されるので、流速測定にはI型2成分電磁流速計を使用して流下方向成分 u と横断方向成分 v を計測した。計測点は各ケースとも150点ほどで、各点のサンプリング間隔は0.1秒で60秒間計測を行い600個のデータを得た。

3. 結果及び考察

(1) 流れの可視化

ワンド内における流れの構造の概略を把握するために可視化を行った。case Aではワンド開口部上流端よりやや下流部に一定の周期で比較的大きな渦の発生がみられた。この渦は境界面において形成されるせん断層を通過しながら、境界面付近の流体を巻き込み徐々に大きな渦に発達している。そして発達した渦がワンド開口部下流端に衝突して破壊されることにより一部はワンド内へ流れ込み、他は主流と共に流下する。主流部とワンド内の水の交換はこの挙動を繰り返すことにより行われていた。case B, Cも交換のメカニズムは同様であるが渦の発達は小さい。case A～Cを比較すると、ワンド開口部の長さが長いほど渦は大きく発達し、境界面での物質交換は盛んに行われることが分かった。

表-1 実験条件

ワンド形状		Q (l/s)	U_m (cm/s)
A		3.89	30.7
		3.91	30.0
		3.87	30.2
		3.75	30.6
		2.92	28.8

case Dでは、上流側開口部で発生した周期的な渦は仕切に当たってワンド内に入るが、下流側開口部での渦の発達は弱く、下流端での渦の衝突によるワンド内への流入は見られなかった。case Eでは、上流端で発生する渦が植生列に衝突するために渦の発達は妨げられ、境界面での物質交換はあまり行われず、ワンド内の水は滞留していた。

(3) 平均流れ

図-2はcase A, C, Eのワンド内の平均流速分布図を示している。図-3によるとワンド内には強い循環流(主循環流)と弱い循環流(副循環流)が生じている。主循環流の大きさはcase Aが最も大きく、続いてcase B, Cと小さくなる。またcase B, Cの副循環流の流速は非常に小さく沈降性の堆積物が予想される。これらより、循環流の大きさは開口部の長さに依存することが分かる。case Dは開口部が二つあるため他のケースとは異なる流れになる。上流側の開口部付近の強い循環流と仕切背後の弱い循環流とが見られる。case Eはcase Cの仕切の代わりに模擬植生を設けたものであるが、流れの構造はcase Aに似ている。しかしワンド内の循環流は弱く、副循環流はほとんど見られない。

図-3はcase A, C, Eの乱れ強度分布、図-4はcase Aのレイノルズ応力分布を示す。図-3, 図-4を見ると開口部で高い値をとり(黒い部分)、運動量の輸送がワンド開口部で活発に生じていることが分かる。case A~Cでは乱れ強度は開口部が長いほど強くなる。これは開口部が長いほど渦が十分に発達し、強い横断方向成分によって運動量の輸送が活発に生じていることを示している。またcase Eの乱れ強度分布を見ると、その様子はcase Aに似ている。しかし値は小さく、これは前述したように開口部上流端で発生した渦の発達が植生によって抑制され、渦が十分に発達せず変動の横断方向成分が小さくなるためだと考えられる。

4. まとめ

人工ワンド周辺の流れ場の特性を流れの可視化と点計測によって検討し、次のような結論を得た。

- 1) ワンド開口部には周期的で大規模な平面渦が現れ、この渦によってワンド内と主流部の物質交換が行われる。
- 2) ワンド開口部の長さや形状は渦の発達の様子を支配し、ワンド内の循環流パターンを決定する。開口部の上流端から仕切を設けた場合、ワンド開口部の長さは長いほど、開口部での物質交換は活発になり、主循環流は大きくなる。

参考文献 1) 中川研造, M. A. Jalil, 河原能久, 菅和利: 人工ワンド周辺部の流れ場に関する実験的研究: 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集(1993)

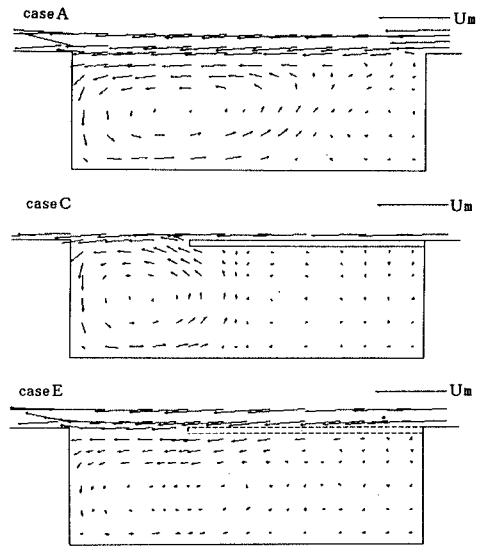


図-2 平均流速分布

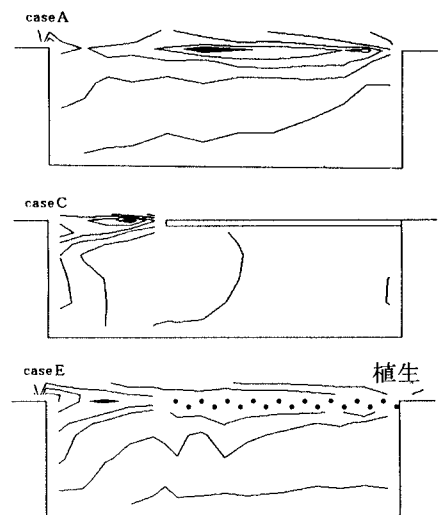


図-3 乱れ強度分布

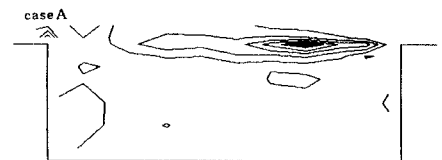


図-4 レイノルズ応力分布