

デルタペーンによる縦渦の制御

熊本大学大学院 学生員 ○杉本博幸
 熊本大学 正会員 大日照憲
 九州建設コンサルタント 正会員 末松誠二

1. はじめに

デルタペーンを河川に設置することにより、適当な流速差を生み出し、水生生物が住みやすい環境を生み出している。また、河床洗掘の制御にも用いられている。このように、デルタペーンは二次流を積極的に引き出し、河川環境の創造の可能性を持っている。既存の研究で、デルタペーンにより主流方向に安定した水深スケールの縦渦が形成されることが考察されている。そこで、デルタペーンの高さ、間隔、迎角を変化させることにより縦渦を制御しようと研究を行ってきた。しかし、遷移領域であるデルタペーン直下の流れ場についての考察はされていない。そこで本研究は遷移領域に視点を置き、デルタペーンによる流れ場の変化について検討した。

2. 実験概要

実験に用いた開水路は、長さ10m、幅40cm、高さ30cmの亚克力樹脂製可変勾配水路である。実験条件は、断面平均流速 $U=20\text{cm/s}$ 、水深 $h=5\text{cm}$ 、河床勾配 $i=1/1000$ 、レイノルズ数 $Re=10000$ である。また、開水路実験から U^+ の値は1.17であった。図-1にペーンの配置と計測断面を示す。ペーンは流下方向に漸縮するよう配置した。デルタペーンは二等辺三角形で亚克力樹脂製であり、高さは2cm、迎え角 12° 、デルタペーンの間隔は水深と等しくするため $b=5\text{cm}$ の設定で配置した。実験装置はPIV流速装置を用いた。計測面は片側のデルタペーン直下を対象とし、撮影を行った。PIV解析ソフトウェアvisiflowにより処理した後、FORTRUNで統計処理を行い、流速データを得た。

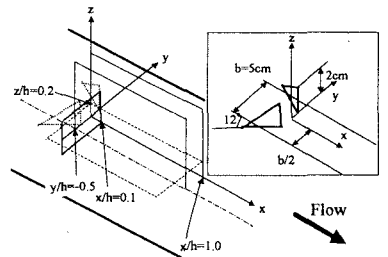


図-1 デルタペーン配置

3. 結果および考察

図-2に、 $z/h=0$ での主流速 U の対数分布を示す。実線は理論値を示している。デルタペーンを設置すると、若干主流速が減少することが認められ、最大8%であった。また、主流方向の変化はあまり見られなかった。図-3は、 W 成分の流下方向分布を示している。デルタペーンを流下方向に漸縮させた場合、平衡領域においては上昇流が形成されることが考察されているが、デルタペーン直下の遷移領域では、水表面付近では下降流、河床付近では上昇流が占めており、流下するに従い徐々に上昇流が形成されていく様子が見られる。図-4に、 $y/h=-0.5$ での主流速 U の鉛直分布を示す。実線はデルタペーンを設置していない状態の開水路流れのデータである。水表面付近では特徴的な変化は見られないが、 $z/h=0.4$ より下側で

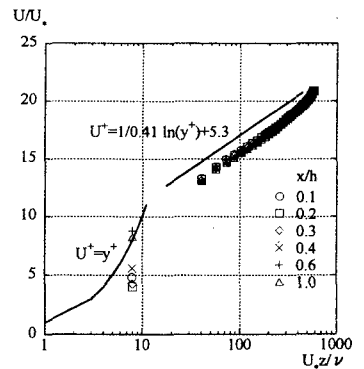


図-2 Uの対数分布 ($y/h=0$)

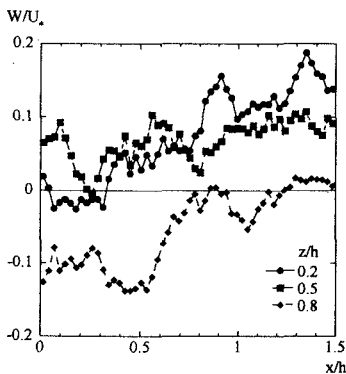


図-3 Wの流下方向分布 ($y/h=0$)

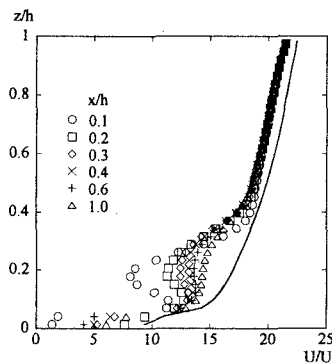


図-4 Uの鉛直分布 ($y/h=-0.5$)

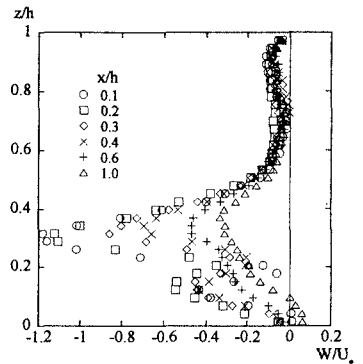


図-5 Wの鉛直分布 ($y/h=-0.5$)

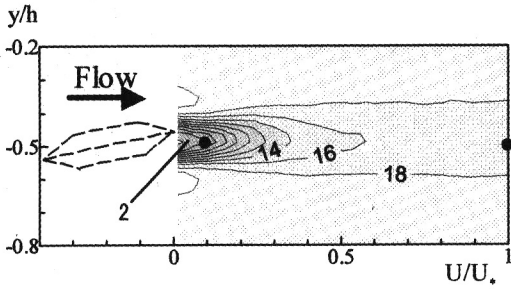


図-6 Uの横断分布 (z/h=0.2)

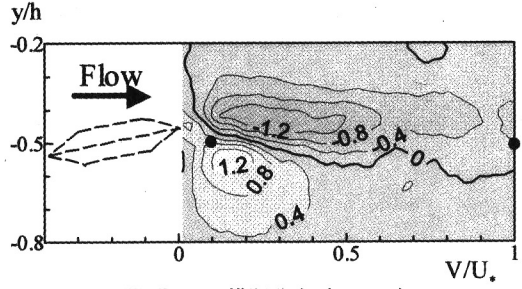


図-7 Vの横断分布 (z/h=0.2)

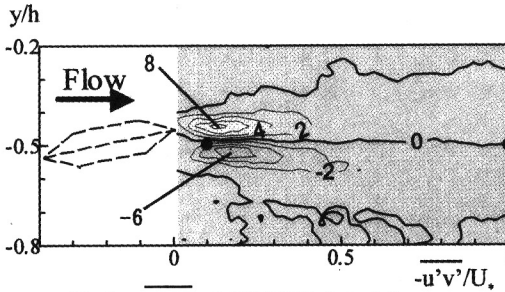


図-8 $-\overline{u'v'}$ の横断分布 (z/h=0.2)

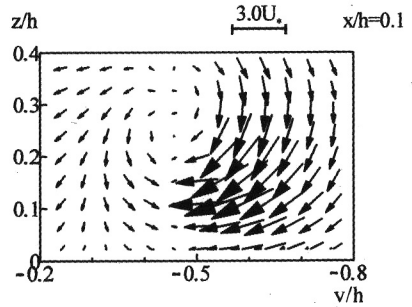


図-9 二次流ベクトル (x/h=0.1)

急激に減速する傾向が見られ、徐々に平衡状態に近づく傾向が見られた。図-5に $y/h=0.5$ における W 成分の鉛直分布を示す。全体的に下降流の傾向を示し、 $z/h=0.3$ で最小値を示した。また、図-4と比較すると、デルタベーン直下で主流速が急激に減少するとき、下降流が大きくなる傾向が認められた。

次に、図-4で流速の変化が著しかった $z/h=0.2$ での U 、 V 成分、レイノルズ応力の横断分布を示し、横断、主流方向の変化について考察していく。図-6に、 U 成分の横断分布を示す。図の左に、点線でデルタベーン的位置を示している。縦断面で得られた $z/h=0.2$ での値と水平断面での $y/h=0.5$ の主流速の値が流下方向にほぼ一致しており、ベーン直下の主流速の減少が顕著に現れている。図-7に、 V 成分の横断分布を示す。デルタベーンを中心軸 $y/h=0.5$ を境に、正と負の分布に分割され、 $y/h=0.42$ では最小値、 -0.56 では最大値を示し、極値をとる位置は、 U 成分が急激に変化する位置とほぼ等しい位置であることが認められた。これらから、 $y/h=0.5$ に向かう流れが予想される。図-8に、レイノルズ応力の横断分布を示す。デルタベーン直下では、 $y/h=0.5$ を境に、正と負の最大値が対となって形成されていることが認められる。また、流下に伴いレイノルズ応力の値は小さくなっていくが、レイノルズ応力の影響範囲が横断方向に広がっていく様子が認められた。図-9に、 $x/h=0.1$ での二次流ベクトルを示す。これにより、左右から $y/h=0.5$ 付近に向かう二次流れが確認できた。

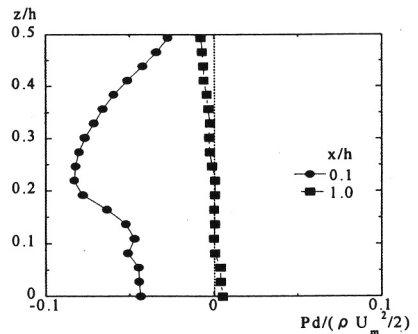


図-10 動圧力の鉛直分布

図-10に、図-6～8で●で示した点の $U_m^2/2$ で無次元化した動圧力の鉛直分布を示す。主流速の変化が著しかった $z/h=0 \sim 0.5$ の領域を対象とした。また、圧力はNavier-Stokesの運動方程式から求めた。 $x/h=1.0$ では、ほぼゼロの値を示した。 $x/h=0.1$ では、全体的に負の値になり、 $z/y=0.2$ 付近で最小値を示した。

4. おわりに

デルタベーンを設置した場合、デルタベーン直下では、静水圧からずれて負の圧力分布が見られた。そのため、局所的に V 成分の絶対値が大きくなり、主流速 U が最小値になる傾向が確認できた。

参考文献

- 1) 大本照憲, 野仲典理: デルタベーンによる二次流と流砂の制御, 水工学論文集, 第40巻, pp. 793-798, 1996.