

開水路段落ち部の側壁周辺における流況特性

徳山高専 正会員 ○渡辺勝利
 (株)ケイズラブ 正会員 河内義文
 (株)吉工園 吉村隆顕
 徳山高専 正会員 佐賀孝徳

1. はじめに

段落ち部の流れは剥離・再付着流れの典型例であり、水工学および流体力学において、流れの特性に関する究明が進められてきた^{1),2)}。これまでの研究では2次元的な流れ場が対象とされ、側壁付近の流れすなわち隅角流れと段落ちの剥離・再付着流れが共存する領域に焦点を当てた究明はなされていないように思われる。この領域における流れ構造の検討は、段落ち流れの総合的な理解および落差工のある河川の河岸防災にも有益な知見を与えられと考える。そこで本研究では、開水路流れの段落ち部側壁付近の流速計測および流れの可視化を行い、その流況特性を検討した。

2. 実験装置および方法

実験には、水路勾配を1/1000に設定した長さ10m、幅60cm、高さ15cmの透明アクリル樹脂板製の直線開水路を用いた。水路の上端から5m下流まで厚さ4cmの塩化ビニル樹脂板を設置し、その下流端を段落ち部とした。水路の上流端には整流装置としてハニカム(径4mm、長さ3.2cm、幅25cm)を設置した。図-1には、段落ち部付近の縦断面形状および座標系を示した。

実験では、段落ち部直下流および側壁付近における流速計測および流れの可視化を行った。流れ場の流速計測にはPTV (Particle Tracking Velocimetry)を採用した。トレーサとして微細粒子(平均粒径150 μ m、比重1.04)を、照明としてスライドプロジェクター(1KW)のスリット光膜(厚さ3mm)を用いた。図-2の(a), (b)に水平断面、縦断面PTVの概要を示す。PTVの解析においては、その粒子画像(640 $\times$ 480ピクセル)を連続的にコンピュータに取り込んだ。取り込み時間は、水平断面では1/30毎秒に60秒間とし、縦断面では1/60毎秒に60秒とした。画像データ取り込み後、「Flow PTV」(株)ライブラリを用いて瞬時流速成分を求め、それらの統計処理を行い平均流速を求めた。流れの可視化には蛍光染料注入法を用いた。

3. 実験結果および考察

図-3には、縦断面 PTV によって得られた段落ち部下流側における $y=4.0$ cm 以下の流速分布を示している。(a)は水路中央部での流速分布に相当する。これより、上流の底壁面位置 ($y=4.0$ cm) 側では順流、下流底壁面側では順流と同程度の大きさを持つ逆流が生成され、この両者により大きな時計回りの循環流が形成されていることが容易に推察される。同右図は、段落ち直下部の流速分布絵を拡大して示している。下流底壁隅角には半時計方向の循環流の存在が認められる。図-4は同領域の縦断面可視化であり、底壁に付根を有する渦構造の断面形象が観察された。(b)は側壁付近 ($z=5.0$ cm) の流速分布である。水路中央付近のそれと同様に大規模な循環流の存在が認められるが、逆流の上昇成分が中央部のそれに比べて大きいことが明らかである。この特徴は他の計測断面では見られない特徴であったため、今後さらに詳細な測定を行う必要がある。

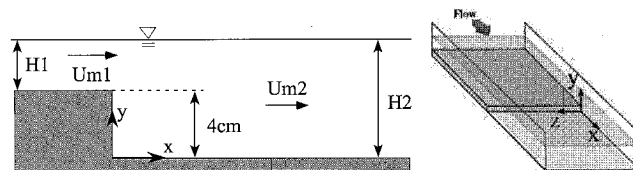
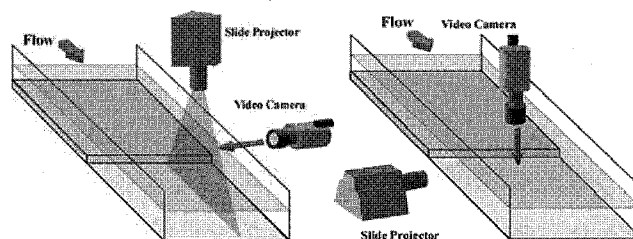


図-1 開水路段落ち部の形状と座標系



(a) 縦断面 PTV

(b) 水平断面 PTV

図-2 水平および縦断面 PTV 概要

表-1 実験条件

Case	H1(cm)	H2(cm)	B(cm)	Q(cm ³ /sec)	U _{m1} (cm/sec)	U _{m2} (cm/sec)	ν (cm ² /sec)	Re(U _m H/ ν)
A	2.5	6.5	60	3300	22.0	8.5	0.00960	5682
B	2.0	6.0		1570	13.1	4.4	0.00938	2767
C	2.0	6.0		2700	22.5	7.5	0.00870	5130
D	4.0	8.0		1480	6.2	3.1	0.00907	2697

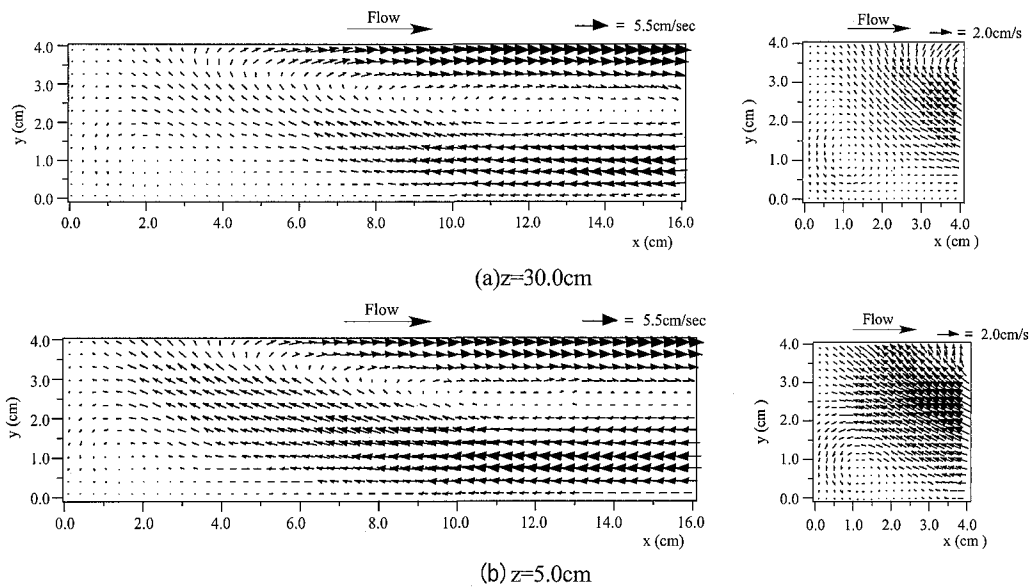


図-3 縦断面流速分布(Case B)

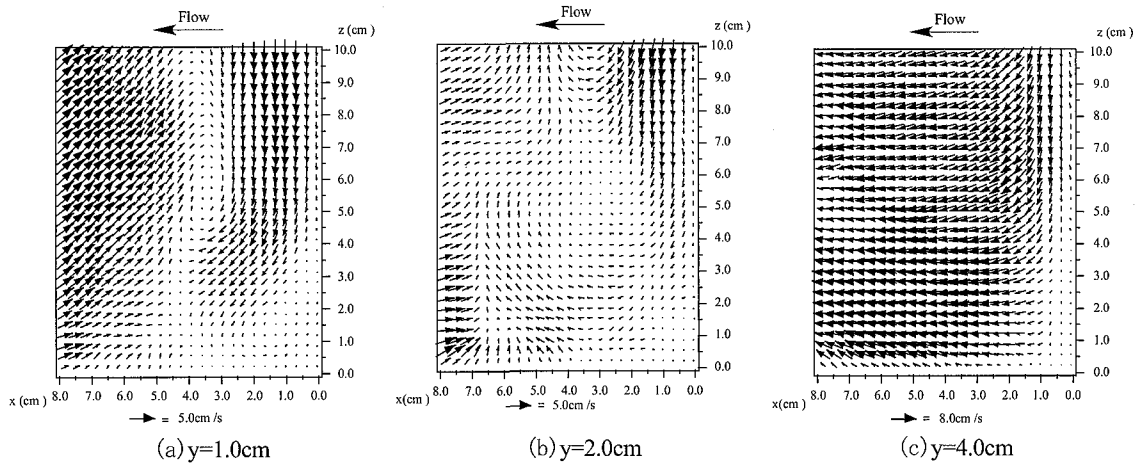


図-5 水平断面流速分布 (Case A)

図-5 は、水平断面 PTV による流速計測結果を示している。底壁面付近 $y=1.0\text{cm}$ の計測結果においては、段落ち直下において側壁方向への顕著な横流れが形成されていることが明らかである。この横流れは段落ち下流側における平均流速の半分程度の大きさを示し、側壁に近づくにつれて流下方向に湾曲している。また、 $x=4.0\text{cm}$ 以降の逆流は水路中央方向に傾斜しており、上述の横流れと相俟って旋回状の流れを形成している。この旋回状の流れは $y=2.0\text{cm}$ では弱まる傾向にある。また、 $y=4.0\text{cm}$ では順流が大部を閉めているが、段落ち境界部には横流れの形成が認められる。

4. おわりに

開水路流れ段落ち部の側壁付近における流れ場の特性を PTV と可視化法を用いて検討した。その結果、鉛直断面内の循環流、段落ち部直下における顕著な横流れ、段落ち下流側の底壁面付近における水平の旋回流の形成が明らかとなった。今後は、底壁面付近の旋回流、側壁

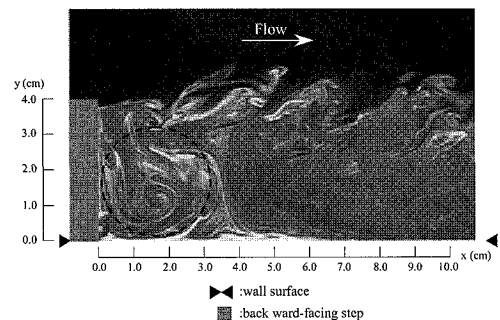


図-4 縦断面可視化 (Case D)

に沿う流下方向の流れ特徴について、さらに詳細な検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 土木学会水理委員会：乱流における組織構造の役割，若手研究者分科会活動成果報告書，1989。
- 2) 木谷勝：剥離・再付着流れの乱流構造，日本機械学会論文集 (B 編)，pp.559-564, 1989。