

段落ち流れにおける流速および壁面圧力の同時計測

九州工業大学 学生員 ○造士快竹
九州工業大学工学部 正会員 鬼束幸樹
九州工業大学工学部 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

堰直下流に設置される護床工は洪水時に破壊されることがある．この原因として(1)護床工または水叩き下流の局所洗掘および河床低下，(2)護床工ブロックの間隙からの砂の吸い出し，(3)パイピング，(4)落水や転石の直接衝撃，の4つが挙げられている¹⁾．

以上の4つの原因に関して，これまで段落ち流れあるいは突起物周辺の流体力を計測した研究，段落ち流れの瞬間乱流構造を解明した研究，および段落ち流れを数値計算した研究は多く存在するものの，瞬間乱流構造と瞬間圧力を同時計測した例はほとんど存在しない．そのため，段落ち部において流れ場が底面に及ぼす影響およびそれに伴う河床材料の吸い出し機構は定量的に解明されていない．本研究は開水路段落ち流れの壁面に作用する瞬間圧力と瞬間流速を同時計測し，両者の関係を解明したものである．

2. 実験条件および実験装置

図-1に示す長さが1.9m，水路幅 B が0.15mの亚克力製水平水路を実験に用いた．水路始端から1.3m流下した位置に高さ H_s が0.03mの段落ち部がある．段落ち部よりも上流側の1カ所(No.1)，段落ち部の壁面の2カ所(No.2, 3)，段落ち部よりも下流側の5カ所(No.4～8)において，水路中央に硬質なビニールチューブを壁面に直角に設置した．ビニールチューブの先端には可変リアクタンス型圧力トランスデューサがそれぞれ接続されている．段落ち部から流下方向に x 軸，鉛直上向きに y 軸，横断方向に z 軸をとる．実験条件を表-1に示す．ここに， h は水深， U_m は断面平均流速， $Re \equiv hU_m/\nu$ はレイノルズ数， $Fr \equiv U_m/\sqrt{gh}$ はフルード数， g は重力加速度， ν は動粘性係数である．また，実験前に水路内にトレーサ粒子を投入した．アルゴン-イオンレーザーよりレーザー光線が発光され，厚さ2mmのレーザーライトシートに変化させ水路中央断面の水路上方より x - y 断面に照射させた．この状態で水路右岸側に設置されたビデオカメラによって段落ち部周辺60s撮影した．PIV計測を開始すると同時に，8つの孔から得られる圧力を1/30sごとに60s計測した．

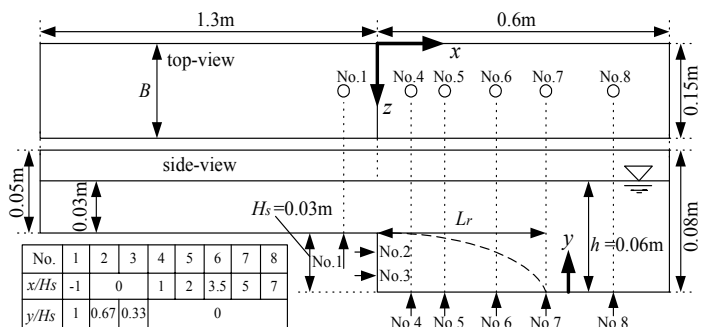


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

	h (m)	U_m (m/s)	Re (-)	Fr (-)
$x/H_s = 0$	0.03	0.062	1850	0.11
$x/H_s = 10$	0.06	0.023		0.04

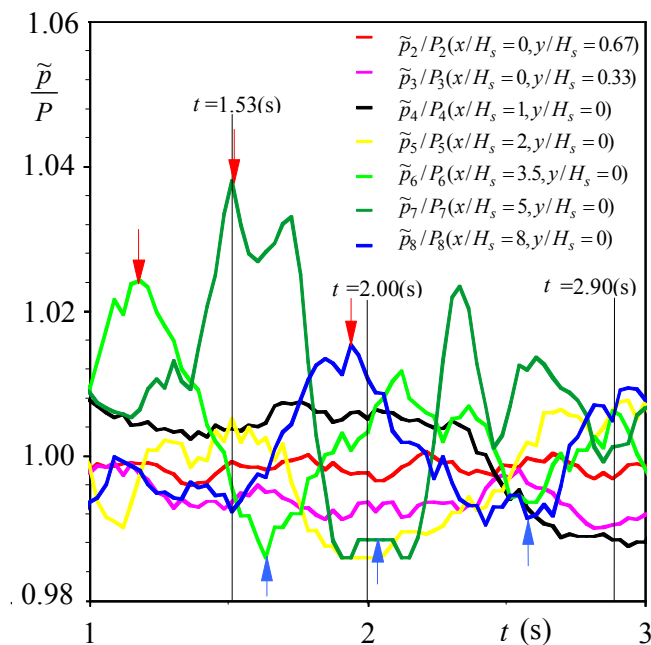


図-2 瞬間底面圧力の時系列

3. 実験結果および考察

(1) 底面圧力の特性

図-2 に No.2~8 における時間平均圧力 P で無次元化された瞬間圧力 $\tilde{p}$ の時系列を示す. いずれの計測位置における瞬間圧力も増減しているが, その振幅は段落ち部の鉛直壁に設置された No.2, 3 が相対的に小さい. これは, 死水域であるために圧力変動が小さいことが原因と考えられる. 一方, 底面で計測された No.6~8 に着目すると, 赤の矢印で示した圧力の極大値が No.6, 7, 8 の順に発生していることが観察される. これは, 圧力変動が流下方向に伝搬していることを示唆している.

図-3 に圧力の変動成分の RMS 値 p' を時間平均圧力 P で無次元化した値の流下方向変化を示す. 無次元圧力変動 RMS 値 p'/P は流下方向に増加し, $x/H_s=5$ 付近で極大をとった後に減少している. これは, 再付着点付近が最も圧力変動が大きく, その前後は相対的に小さいことを表している.

(2) 底面圧力と流速場との関係

瞬間流れ関数 $\tilde{\Psi}$ は次式で求められる.

$$\tilde{\Psi} \equiv \int_0^y u dy \quad (2)$$

図-4 に $t=1.53(s)$, $2.00(s)$ および $2.90(s)$ における瞬間流れ関数 $\tilde{\Psi}/(U_{\max} h_u)$ のコンター図を示す. 図-2 において, 再付着点 ($x/H_s=5.5$) に最も近い No.5 ($x/H_s=5.0$) の瞬間圧力 $\tilde{p}/P$ が極大をとる $t=1.53(s)$ および極小をとる $2.00(s)$ における再付着点距離 x/H_s はそれぞれ, 約 6.0 および 4.0 であり, 時間平均再付着点距離の $x/H_s=5.5$ よりも前者が長く, 後者は短い. したがって, 再付着点距離は下降流発生時に増加し, 上昇流発生時に減少すると判断される.

4. おわりに

本研究は開水路段落ち流れの壁面に作用する瞬間圧力と瞬間流速を同時計測し, 両者の関係を解明したものである. 以下に結論を示す.

- (1) 底面圧力変動強度は再付着点付近で最大をとり, 上下流方向に減少することを解明した.
- (2) 再付着点距離は下降流発生時に増加し, 上昇流発生時に減少することを解明した.

参考文献

- 1) 中川博次, 辻本哲郎, 清水義彦, 村上正吾: 堰の一被災機構としての護床工からの砂のぬけ出しによる空洞化の進行過程, 第 31 回水理講演会論文集, pp.359-364, 1987.

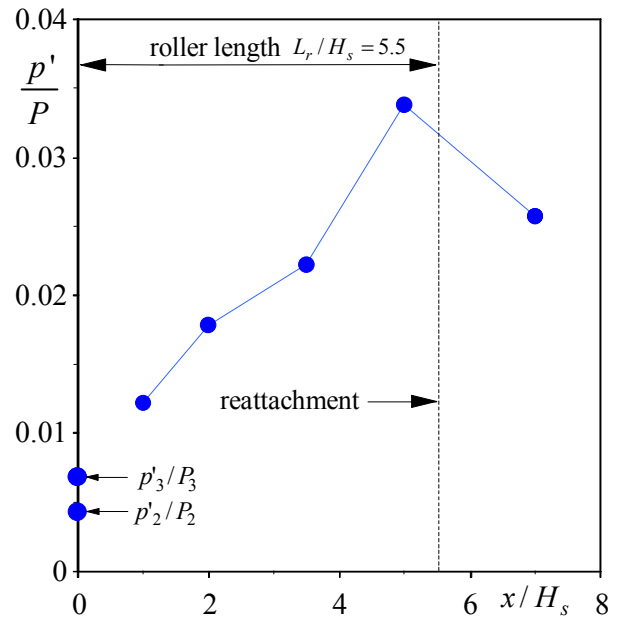


図-3 底面変動の RMS 値の流下方向変化

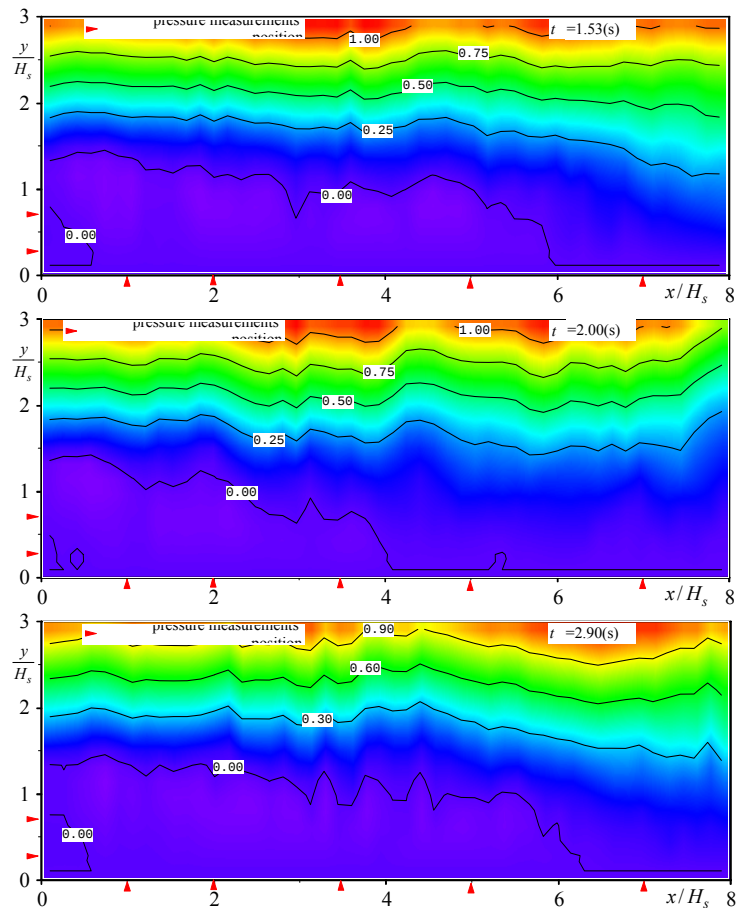


図-4 瞬間流れ関数