

ドライベッド上を遡上する段波の乱流構造

大阪産業大学 学生会員 ○荒木 広周
 大阪産業大学 学生会員 中村 彩乃
 大阪産業大学 正会員 水谷 夏樹

1. はじめに

陸上遡上する津波に対する底面せん断応力の評価は、遡上域での浸水域や浸水深の予測に大きな影響を与える。しかし、底面せん断応力を評価するための内部流速場については、実験室スケールでは津波の水位がそれほど大きくないこともあって詳細に調べられた例はあまりなく、断面平均流速の把握が行われている程度に過ぎないことから、乱流構造なども含めて分からない点が多い。そこで本研究では、ドライベッド上を遡上する段波先端部の詳細な PIV 計測を行い、内部流速場の乱流構造について検討することを目的とする。

2. 実験方法の概要

実験は図-1 に示すような、長さ 3.3m×幅 0.39m の水路に 1/40 勾配の亚克力製勾配(長さ 2.0m, 高さ 0.05m)を挿入した。勾配の終端に水平床を接続し、側壁から 5cm, 勾配の終端から 0.14~0.2m の範囲で段波内部の PIV 計測を行った。段波は急開ゲートによるダムブレイク流れである。実験条件は貯水槽内の初期貯水位 H を 6~11cm まで 1cm ずつ変化させ、計 6 ケース ($Fr = 1.4 \sim 3.5$) について行った。PIV カメラの分解能は 0.016mm/pixel であり、流速ベクトルを 0.514mm 間隔で算出した。時間分解能は 1/15s である。

3. 実験結果

図-2 は、貯水位 $H=6, 8, 10$ cm の場合の計測点における水位の時間変化である。ゲートの移動開始をトリガーとして時刻ゼロとしており、実験の再現性について確認できる。図-3 に貯水位 $H=10$ cm の段波先端部の水平方向平均流速の鉛直分布の時間変化を示す。段波は先端部分が最も速く、先端が計測点(傾斜の終端から約 18cm)を通過した直後の $t=2.27$ s から 1/15s 毎に 0.2m/s ずつずらして表示している。段波は非定常現象であるため平均操作には空間平均を用いた。図中の緑線は、PIV のベクトル分布のうち計測点から沖側に 40 点(19.54mm)の空間平均を行ったものであり、赤線は同 80 点(40.61mm)の空間平均を行ったものである。両者は傾向的には一致するものの局所的には相違があり、非定常性の強い現象である事がわかる。図中の○は、80 点平均流速分布に対して対数則を適用したデータであり、水色の直線は最小二乗法によって対数則を当てはめたものである。直線の傾きは時々刻々変化するが、特に $t=2.34 \sim 2.41$ s の傾きが大きく先端部で強い底面せん断応力が作用していることが示唆される。底面より 1mm 以下の平均流速値は、時間によって差異はあるが、対数則分布より高速側にずれている場合が多く、一般的な壁面乱流のそれとは異なる。

図-4 は、各時刻の PIV ベクトル分布のうち、計測点から沖側に 128 点(約 6cm)の水平方向流速の空間スペクトルを求めたものである。横軸は波数の逆数であり流速変動の幅を示している。また、色の違いは各高さの変化を示している。3 つの時刻の分布から間欠的に水深の 2 倍程度(1~2cm)の顕著な組織構造が見られる。

図-5 は、図-3 に対応したレイノルズ応力の鉛直分布の時間変化である。各分布の中心軸から ± 3 Pa の範囲で表示している。底面から 1mm 以下のレイノルズ応力の変化が激しく、水面付近はレイノルズ応力がほぼゼロとなっている。このことから段波が斜面上の碎波のように水面付近の乱れを持たない流れ場であると推察できる。 $t=2.67, 2.74, 3.01, 3.21$ s の時刻において最下層のレイノルズ応力が負値を示している。

図-6 は $t=2.67$ s の最下層から 3 つの高さにおける u' と v' の相関を示したものである。一般的な壁面乱流の場合、 $u' > 0$ なら $v' < 0$ となり、上層から下層に向かって運動量が輸送され、運動量の増加に対応してせん断応力が作用する。しかしながら、図-6 では最下層の●と●は平均的に $u' > 0$, $v' > 0$ となっており正の相関を示して

キーワード ドライベッド, 段波, 乱流構造, レイノルズ応力, 底面せん断応力

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1 mizutani@ce.osaka-sandai.ac.jp

いる。これは局所的に組織的な上昇流が生じていることを示すものである。壁乱流においては様々な組織構造が存在することが既往の研究で示されているが、本研究の PIV データだけでは詳細はわからない。底面付近の負のレイノルズ応力をどのように取り扱うかは課題であり、また、この時の対数則分布から、主流に対する底面せん断応力をどのように評価すべきかについても問題が残る。

4. 主な結論

本研究では、段波先端部の内部流速場の PIV 計測を行い、乱流構造を含む流れ場の特性を明らかにした。間欠的に底面付近に発生する局所的な上昇流によって負のレイノルズ応力が発生することが分かった。

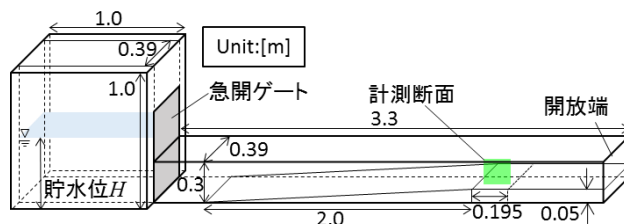


図-1 実験水槽の概要

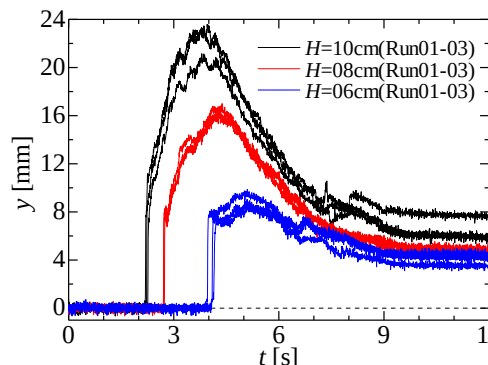


図-2 水位の時間変化

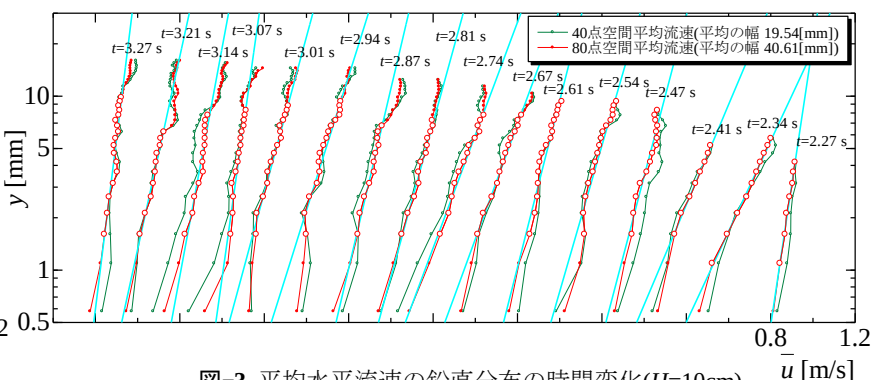


図-3 平均水平流速の鉛直分布の時間変化(H=10cm)

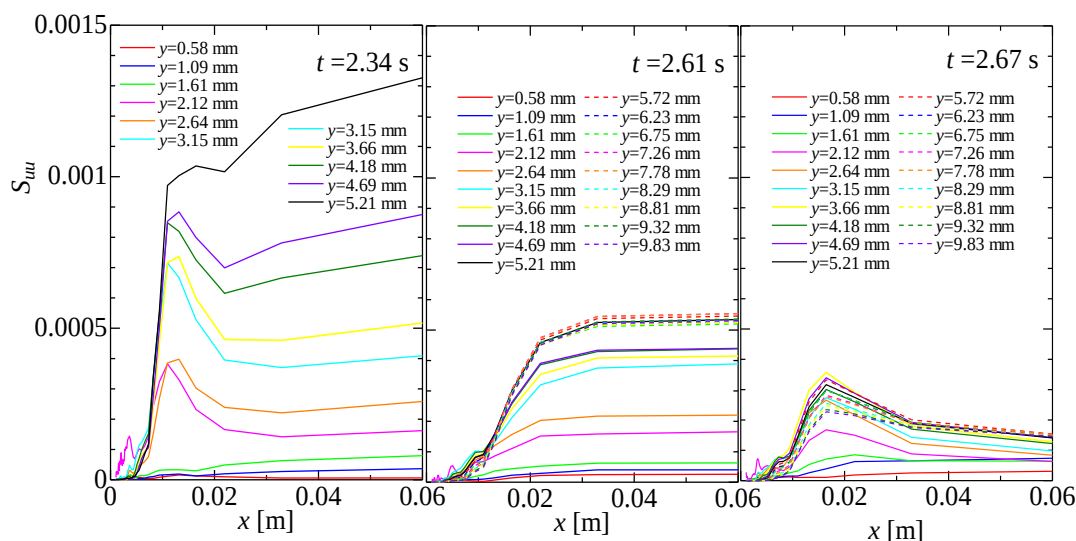


図-4 水平方向流速の空間スペクトルの鉛直方向分布(H=10cm)

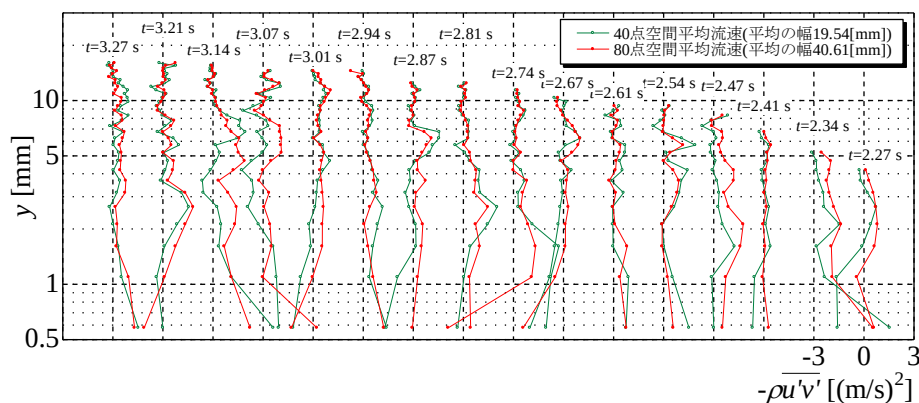


図-5 レイノルズ応力の鉛直分布の時間変化(H=10cm)

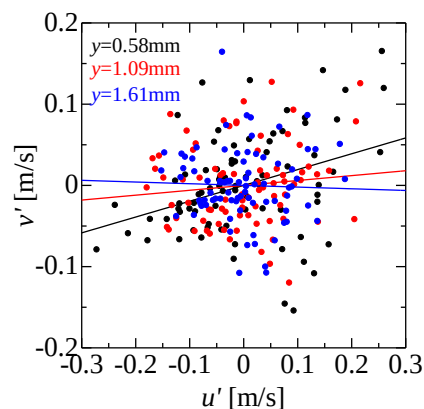


図-6 u' と v' の相関(H=10cm, $t=2.67s$)