

(II-8) 遡上段波先端に存在する乱れ領域の形成過程に関する実験的研究

中央大学大学院 学生員 倉田 貴文
中央大学理工学部 正会員 服部 昌太郎

1. はじめに

波打ち帯における漂砂移動には、遡上波先端の通過による底質の岸方向移動が支配的役割を果たすことが現地観測などにより指摘されている。しかし、遡上波による漂砂移動についての既往の研究は、実測漂砂量と掃流力などの外力との関係を調べたものが主であり、遡上波先端の乱れ構造とその形成過程に着目した研究がほとんどなされていないため、底質移動量、移動形態のモデル化のボトルネックとなっている。

本研究は、現象を単純化するため一様斜面に入射する段波実験を行い、遡上波先端乱れ領域の形成過程とその構造を明らかにすることを目的とする。測定手法として、段波先端の水平渦に起因する混入気泡をトレーサーとして使用する、画像計測法(相関法)により内部流速場を測定する。

2. 実験方法

実験は、両面ガラス張り二次元水路(10m×0.3m×0.6m)を、貯水部と一様水深部とにゲートで仕切り、ゲートを手で急開して Turbulent bore を発生させた。実験水路の他端には 1/10 勾配の一様斜面を設置し、斜面中央部に遡上計を設置した。静水汀線以深での段波伝播速度の測定には容量式波高計を、また段波内部の流速測定には、高速ビデオカメラ(NAC 社製, 200 コマ/s)で撮影した画像に相関法(真野ら, 1990)を用いた。画像サイズは 640×480 画素で、256 階調に変換したものを使用した。

3. 段波先端速度の変化

遡上波先端速度 U_f の空間変化を図-1 に示す。 $x = -120 \sim 0 \text{ cm}$ の範囲には、Whitham(1959)の近似式より計算した段波先端速度を実線で、また測定先端速度を●印で示す。 $x \geq 0 \text{ cm}$ の範囲には、静水汀線位置での段波先端速度 $U_f^* = 273.6 \text{ cm/s}$ を用いた Shen & Meyer(1963)の先端速度式、 $U_f = (U_f^{*2} - 2gx_s \tan \beta)^{1/2}$ [U_f : 遡上段波先端速度(cm/s), x_s : 先端位置(cm), $\tan \beta$: 斜面勾配] による遡上波先端速度を実線で、また白抜き印は遡上計による測定先端速度を示す。

段波先端速度は静水汀線に近づくに従い徐々に減速したあと、静水汀線付近で急激に加速する bore collapse を経て、 $x = 30 \text{ cm}$ 付近で最大値を取った後、減速し最大遡上点へと達する。 $x = 0 \sim 100 \text{ cm}$ の範囲で、遡上波先端速度が大きく変動する原因として遡上波先端の乱れが考えられる。遡上波先端の乱れは遡上すると共に低下することから、最大遡上点近傍では、測定速度のばらつきが急速に収束している。また測定速度は、静水汀線位置での段波先端速度を $0.82 U_f^*$ とした先端速度式(破線)により近似でき、これらの挙動は Yeh ら(1988)が行った段波実験と同様の傾向を示す。

4. 遡上段波先端の内部構造

段波の水面形を画像計測から、気泡混入領域内の内部流速と渦度を相関法からそれぞれ求めた。以下に段波の特徴的な内部挙動について記述する。

斜面上を進行する段波の前面には段波特有の正の水平渦(時計回り)が生じ、流速分布は波頂部付近が最大値を示す Svendsen ら(1984)の段波モデルと類似した傾向を示す。水平渦の直背後には上部に負の

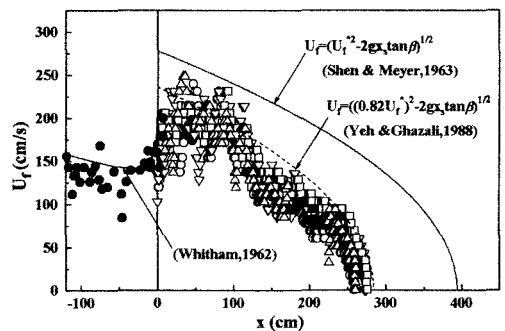


図-1 遡上段波先端速度の空間変化

キーワード: 遡上波 段波 相関法 bore collapse

連絡先: 〒112-8851 東京都文京区春日 1-13-27 TEL03-3817-1812 FAX03-3817-1803

渦（反時計回り），下部に正の渦が配置し，その背後には回転方向の異なる渦が千鳥状に配列する。

入射段波が静水汀線に接近すると，段波の内部挙動は一変する．気泡混入領域先端の水深方向中央部が $1.1 \sim 1.4 U_f$ の高流速となり，先端下部に渦度の強い正の渦が複数個並んで発生し，それに対応する負の渦が先端上部部に発生する二層構造が認められる．段波先端背後には千鳥状の渦配列が見られるが，下部に正の，上部に負の渦が多く分布する。

図-2(a)に段波先端が静水汀線に達した直後の流速ベクトル，(b)に渦度分布を示す．段波先端領域には前述した二層構造が認められ，高流速，高渦度の流体運動が集中している．特に底面近傍に発達している渦は強い渦度を持ち，この周辺の流速ベクトル方向も下向きであることから，底質の巻き上げに重要な役割を果たしていると考えられる。

図-3(a)に 50ms 後の流速ベクトル，(b)に渦度分布を示す．図-2 と比べて段波先端部のみが急激に前方に伸びていることから，段波モードから遡上波モードへの遷移（bore collapsing）が確認でき，この現象は先端領域背後のジェットが前方に飛び出したことにより形成されたものである．全体的に渦の強さとそのスケールは共に小さくなるが，段波先端付近は図-2 と同様の構造を示しており，遡上波先端に特有のものである．また流速ベクトルも底面に沿ったものが多く，底質への作用力は遡上すると共に低下すると考えられる。

5. まとめ

遡上段波先端の乱れ領域は bore collapse による先端背後からのジェットの突入により形成され，下部に正の渦，上部に負の渦が複数個配列する二層構造である．特に下部の渦は強い渦度を持ち，底質の巻き上げに重要な役割を果たすと考えられる。

[参考文献] 真野 明・神尾成也 土木学会論文集 第423号/II-14 1990年11月

H.B.Keller, D.A.Levine & G.B.Whitham, J.Fluid Mech., 7, 302-316, 1962.

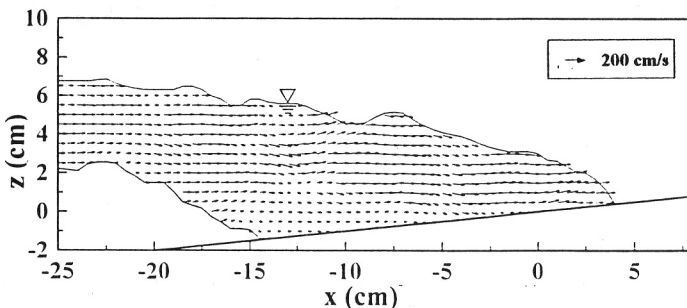


図-2(a) 流速ベクトル分布

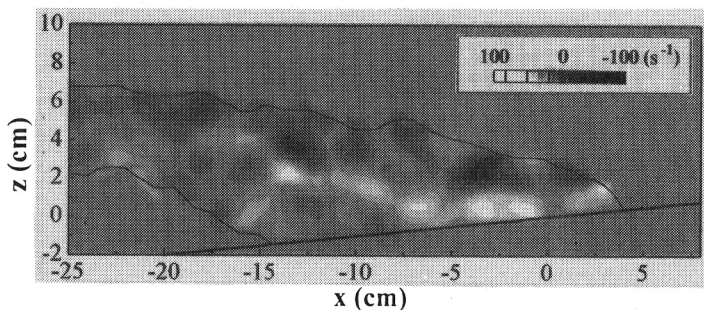


図-2(b) 渦度分布

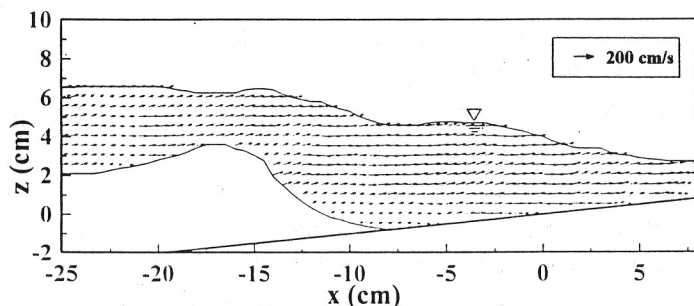


図-3(a) 流速ベクトル分布

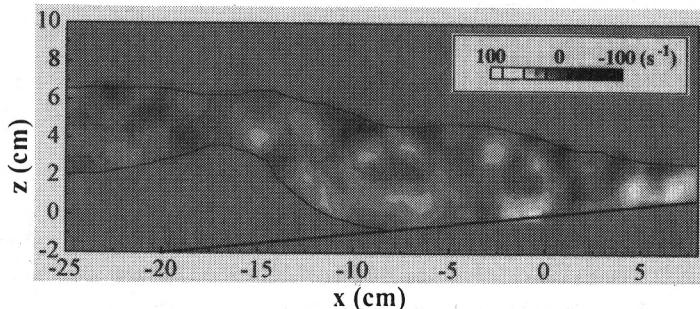


図-3(b) 渦度分布