

東北大学大学院 学生員 ○松 本 朗
 東北大学工学部 正 員 岩 崎 敏 夫
 東北大学工学部 学生員 村 上 虎 一

1. はじめに

移動床土に発生する河床波は、流砂量、流水抵抗、流路変動など様々な水理特性に強く影響する。河床波の発生、発達メカニズムが流れの特性に依存するという観点に立つ場合、流れの微細構造を明らかにすることは基礎的に重要となる。著者らの一部は、すでに河床波の発達に大きな影響を与えているクレストの後流域に存在する渦や、砂移動に関連する再付着点付近の流況について流れの可視化手法を用いて定性的に明らかにしている⁽¹⁾。今回はそれを受けて、河床波モデル上の流速分布変動について考察し、若干の興味深い結果を得たのでここに報告する。

2. 実験方法及び実験条件

使用水路については既報を参照されたい。河床波モデルは波長15cm、波高1.5cm、安息角45°のものをアクリル板で作製し、水路床に3波分敷きつめた。ここでは可視化手法として、流れへの追従性が良く流れを乱さないとされている水素気泡法を用いた。本研究では定量的な取扱いを行うため、可視化画像からの流速の読み取りが可能となるよう、白金線に一定ピッチ(約3mm)で絶縁を施した。写真撮影の時間間隔は0.1秒である。データ処理過程をFig.1に示した。実験条件をTable 1に示す。ここに、D:白金線を張った位置の平均水深(水面から河床波高の1/2までの距離)、LD:白金線を張った位置の水深、I:水面勾配、R:動水半径、Q:流量、 U_m :断面平均流速、 U_* :摩擦速度、 Fr :フルード数、 Re :レイノルズ数である。また、実験ケースの示す数字はFig.2に示した測定点の位置を意味する。測点5は平均的な再付着点である事が事前の目視観察によりわかっている。

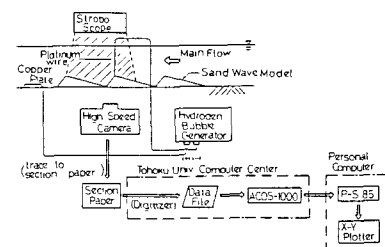


Fig. 1 SCHEMATIC DIAGRAM OF ANALYSIS PROCESS

CASE	D(cm)	LD(cm)	I(1/10°)	R(cm)	Q(l/min)	U_m (cm/s)	U_* (cm/s)	Fr	Re
1	7.76	7.00	4.00	5.63	8830	27.76	1.49	0.32	116440
1-2	6.83	6.08	7.50	5.12	8740	31.21	1.94	0.38	116270
2	7.76	8.51	4.00	5.63	8770	27.76	1.49	0.32	115980
3	7.85	8.30	4.00	5.68	8770	27.25	1.49	0.31	115870
4	7.91	8.60	4.00	5.71	8600	26.53	1.50	0.30	114670
5	7.76	7.61	3.50	5.63	8770	27.57	1.39	0.32	116330
6	7.67	7.42	4.00	5.89	8740	27.09	1.49	0.31	116270
6-2	6.86	6.44	8.00	5.14	8650	30.75	2.01	0.38	114970
6-3	9.80	9.38	2.50	6.63	8620	21.45	1.27	0.22	115150

Table 1 Experimental Condition

3. 結果及び考察

本研究で用いた手法の最大の利点は、同一時刻に水深方向の複数の点で流速の時系列を測定できる事にある。流速変動の生データの一例をFig.3に示す。これにより、変動の水深方向での変化の様子がわかる。次に各測点について以下に示す方法で面積の時系列 $A(t)$ を求め解析を行った。

$$A(t) = (A_T(t) - A_M) / A_M$$

ここに、 A_M :図形OAYの面積、 $A_T(t)$:図形OBYの面積、また点線は平均流速分布、実線はある瞬間の流速分布形状である。Fig.4に面積変動の確率密度関数を示す。図中、S.D.は標準偏差、S.F.は歪度、F.F.は偏平度である。これらより面積変動も流速変動と同様に、ガウス分布で近似できる形状をとることがわかる。また、標準偏差は測点1から下流

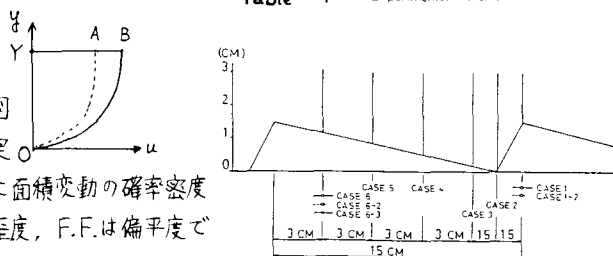


Fig. 2 MEASURING POSITION

に離れるに従い増加し再付着点である5で最大となり、6で回復する様子が表われている。Fig.5に面積変動の時系列、自己相関係数及びパワースペクトルを示す。スペクトル解析においてはデータ総数200、標準化時間0.1秒で行った。また、最大ラグ数については小さく取ることが望ましいのであるが、ここでは十分な分解能を得ることが必要であるため、100とした。Fig.6に熱点1～6のパワースペクトルをまとめて示した。これを見ると測点1から下流に離れるに従い全般的にパワーが増加するのがわかる。特に流れが最も安定していると思われる測点1と再付着点である測点5を比較すると差が明瞭である。これらは前述した標準偏差の場所的変化に対応する。また、測点1と2、3と4、5と6がほぼ同レベルの値を取っており、形状も類似している。更に測点3と4では2Hz付近にピークが見られる。これは次のように理解できる。すなわち一様な流れの中に物体が置かれた時、物体の背後から渦対が発生する。物体が円柱の場合、渦対の発生周波数 f を代表長さを直径 d 、代表流速を一樣接近流速 U としたストローハル数で表現すると

$$St = f d / U = 0.2$$

となることが知られている。他の物体の場合の St もこれに近い値を取る。本研究の場合、底面が固定境界であることを考慮して代表長さを河床泥高の2倍の3cm、代表流速を30cm/sとすれば

$$f = St U / d = 0.2 \times 30 / 3 = 2 \text{ (Hz)}$$

となる。これはパワースペクトルがピークを示す周波数2Hzに一致し、非常に興味深い。

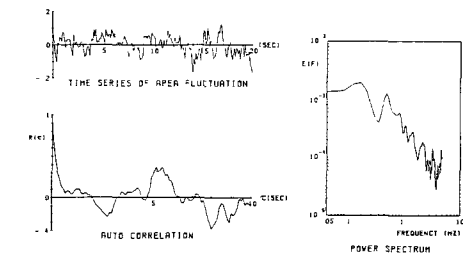


Fig 5 ANALYSIS OF AREA FLUCTUATION CASE 1

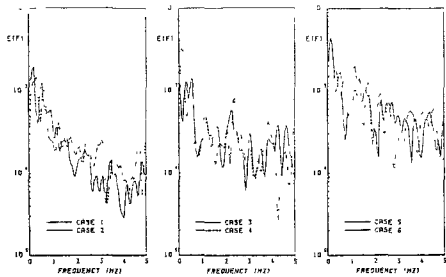


Fig. 6 POWER SPECTRUM OF AREA FLUCTUATION

4. おわりに

以上、可視化手法の長所を生かし流速分布形により作られる面積の変動について解析を行った。これにより、空間的な応答の中で流れ場の特性を論じることができた。

<参考文献> 岩崎、松本 第38回年講

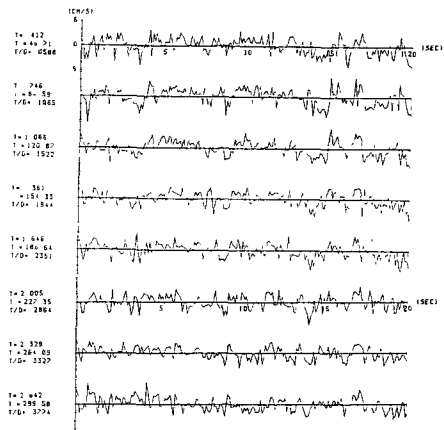


Fig. 3 TIME SERIES OF VELOCITY FLUCTUATION CASE 1

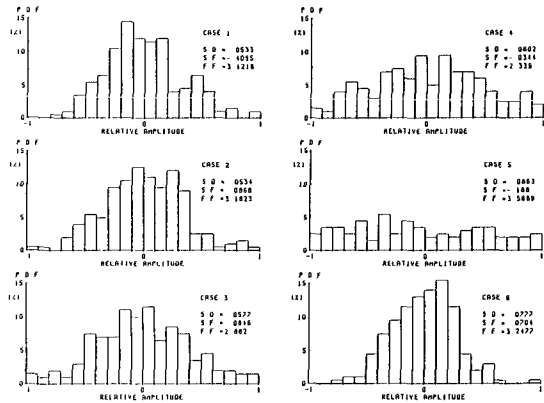


Fig. 4 P.D.F OF AREA FLUCTUATION