

1. まえがき 河道を設計したり、改修したりする場合は安定した河道が得られるように配慮される。河道において、河床が局所的に洗掘されたり、堆積の傾向が現れたりする場合は、安定した河道が得られていないことになる。これらの洗掘・堆積に関係する要素はいろいろある。たとえば蛇行河川における曲率、流量の変化、河道に点在する護岸工、水制、床固め、橋脚、取水・排水施設などの河川構造物、河床の構成材料などである。これらの要素が複合的に影響して河道の状況が決まってくるものと考えられる。安定した河道を考える場合にはこれらの要素がそれぞれどのように影響しているのかを明らかにしなくてはならない。本報告においては蛇行の最大偏角の値と水深をパラメータとして、河床の状況がどのように変化するかについて検討している。また、三次元的な河床の状況を一見して把握することが出来るようにするにはどのように表現したら良いのかについても意を用いている。

2. 基礎式 流れの基礎式については水深平均流速を使った蛇行流路における通常の浅水方程式を用いる。 $\bar{u}_s, \bar{u}_n$ 等を断面平均流速 V , 断面平均水深 H_0 で無次元化し, $u(=\bar{u}_s/V), v(=\bar{u}_n/V), h(=h_t/H_0)$ について摂動法により展開パラメータ $\varepsilon(=B_0/2/R)$ の3次までの解を求める。すなわち $h=h_0+\varepsilon h_1+\varepsilon^2 h_2+\varepsilon^3 h_3, u=u_0+\varepsilon u_1+\varepsilon^2 u_2+\varepsilon^3 u_3, v=v_0+\varepsilon v_1+\varepsilon^2 v_2+\varepsilon^3 v_3$ とする。ここに B_0, R はそれぞれ水路幅、最小曲率半径($R=L/(2\pi\theta_0)$)を示している。河床形 $\eta(=h_b/H_0)$ については $\eta=\eta_0+\varepsilon\eta_1+\varepsilon^2\eta_2+\varepsilon^3\eta_3$ (1) のようにこれもパラメータ ε の3次まで摂動展開した形で表す。ここに、 h_b は平均河床面からの掘れ、 $\eta_0=0, \eta_1=n(a_0\sin ks+a_1\cos ks), \eta_2=(n^2-1/3)(a_2+a_3\sin 2ks+a_4\cos 2ks), \eta_3=(n^3+n)(a_5+a_6\sin 3ks+a_7\cos 3ks)$ とする。これらの式における係数 $a_0\sim a_7$ については次のような平衡状態における流砂の連続式に摂動法を適用して決める。 $(r_c/r_s)(\partial q_{Bs}/\partial s_c)+\partial q_{Bn}/\partial n_a+q_{Bn}/r_s=0$ (2) ここに、 r_c は蛇行流路曲線の曲率半径($1/r_c=k\theta_0\cos(ks_c)$)、 $k=2\pi/L, L$ は蛇行長、 θ_0 は最大偏角、 s_c は中心軸の座標、 q_{Bs}, q_{Bn} はそれぞれ縦断、横断方向の掃流砂量である。具体的な求め方については昨年度の講演概要に示されているからここでは省略する。

3. 河床形について (1) 最大偏角が変わる場合 最大偏角 θ_0 を 20° から 80° まで 20° 毎に変化させた場合の蛇行の平面形状については昨年度の講演概要に示されている。ここに、水路幅は一定としているが蛇行長は変えている。それは流速等の解析解の適用範囲としては $\varepsilon(=B_0/R)$ の値がほぼ0.4以下であるから、最大偏角が $60^\circ, 80^\circ$ となってもその範囲内に収まるように配慮しているからである。それぞれの最大偏角毎に求めた河床形を表す係数の一覧についてはTable 1のようである。式(1)によって計算された河床形状の様子については、その3次元的な鳥瞰図(Fig. 1)と等高線図(Fig. 2)のようである。これらの図においては見やすいために、蛇行している境界形状を直線に展開している。図において P_i は流下方向の座標 ks の π と同じである。また縮尺は縦と横で変えてある。鉛直方向の座標は無次元河床高 η で、堆積は正の値としている。Fig. 2 において色が濃い部

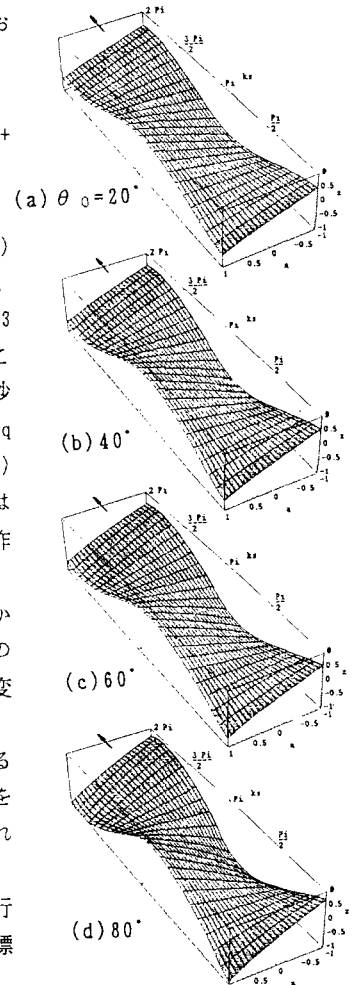


Fig.1 Bed Form A

分ほど河床が低い表し方となっている。最大洗堀深の大きさとそれが生ずる位置についてはFig. 2 からほぼ明かである。最大洗堀が生ずる位置については蛇行形状の外岸側ではあるが、必ずしも最大曲率の位置とは一致していない。蛇行形状の最大偏角と最大洗堀が生ずる位置との関係については次のようである。すなわち、 θ_0 が 20° の場合は $ks=0.89\pi$ の位置で最大洗堀となる。また、 θ_0 が $40^\circ, 60^\circ, 80^\circ$ の場合にはそれぞれ $ks=0.86\pi, 0.83\pi, 0.83\pi$ となり、わずかに変わっている。また最大洗堀深の大きさについては、予測されるように最大偏角の値が大きいほど深くなる。

(2) 水深が変化する場合 水深の無次元量として $\delta (=H_0/R)$ をパラメータとして河床形状の様子を示すと Fig. 3, 4 のようである。これらは最大偏角が $\theta_0=40^\circ$ で、 $\varepsilon (=B_0/2/R, B_0=0.3m, R=0.581m)$ の値が $\varepsilon=0.258$ の場合に水深を $H_0=2cm$ から $5cm$ まで $1cm$ づつ変えたときに得られた河床形を示している。河床形の式(1)における係数についてはTable 2 のようである。外岸の $ks=\pi$ 付近における河床の洗堀状況については次のようである。すなわち、Fig. 4からも明らかなように H_0 が $2cm$ ($\delta=0.0344$) の場合とそれ以上の場合とで変化がある。 $H_0=2cm$ の場合は最大洗堀の位置は $ks=\pi$ の位置よりもかなり上流側 (0.57π) にづれている。 $H_0=3(\delta=0.0516), 4(0.0688), 5(0.0861)cm$ と大きくなるにつれてその位置はそれぞれ $ks=0.83, 0.86, 0.89\pi$ と徐々に最大曲率の位置に近づくように変化してくる。これらの変化については式(1)の係数の内で η_1 のなかの a_1 の値の違いに依っていると考えられる。フルード数や摩擦抵抗係数が変わってくることによって変化が生じたものと思われる。

4. あとがき 蛇行流路における河床形について、定常状態における流砂の連続的に摂動法を適用して最大蛇行偏角・水深をパラメータとして検討した。結果は妥当な値と思われる状況が得られた。河床形に関するその他のパラメータとしては、たとえば交互砂州のような自由砂州と外岸側の洗堀と内岸側の堆積のような固定砂州の相互作用などもある。すなわち、それぞれのパラメータが複合的にどのような影響を持つのかという視点もある。今後河床形の状況を検討するのに、それぞれのパラメータによる共振現象のような面にも焦点を合わせる必要があると思われる。

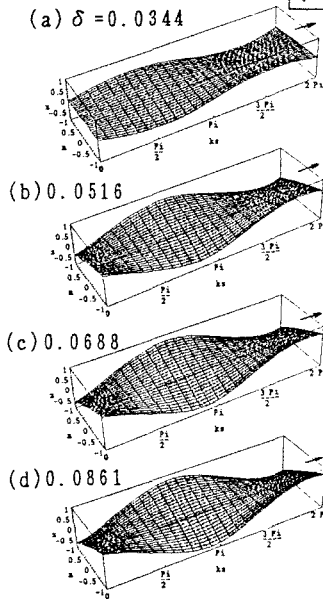


Fig.3 Bed Form B

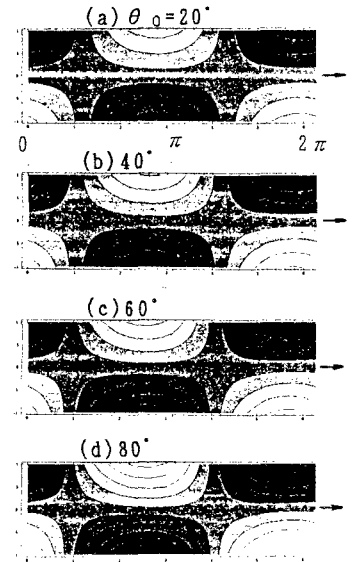


Fig.2 Bed Contour A

Table 1 Bed Form for various $\theta_0(^{\circ})$

θ_0	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
20	1.06	-2.7	-412	-061	-497	0	058	-329
40	1.21	-2.3	-413	-172	-504	-	-119	-327
60	1.41	-2.0	-409	-263	-462	-	-175	-302
80	1.42	-2.0	-408	-274	-453	-	-182	-297

Table 2 Bed Form for various H_0 (cm)

H_0	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
2	1.41	-2.49	-322	-264	-246	0	-111	0925
3	1.40	-1.91	-384	-281	-390	-	-187	-259
4	1.27	-2.53	-421	-151	-527	-	-0852	-341
5	1.13	-2.85	-432	-0501	-545	-	-0501	-354

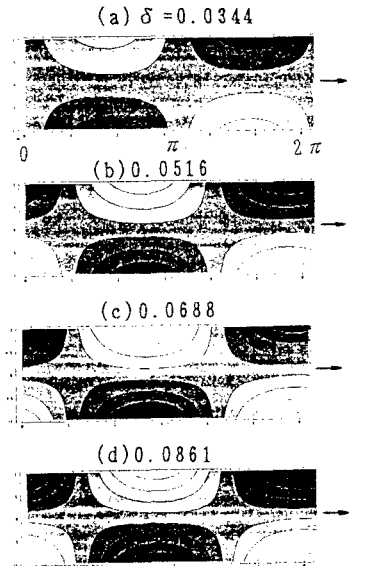


Fig.4 Bed Contour B