

円形水路の河床波と水制の効果について

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄
 京都大学大学院 学生員 山崎 隆

円水路弯曲部における河床波の特性を把握するために、前報に続いて、さらに曲率の大きい円形水路(幅 $B=20\text{cm}$, 中心曲率半径 $R_c=20\text{cm}$)を用いて実験を行った。(表-1) また、河床変動に対する水制の効果についての実験を行い、最大洗掘深と最大堆積高の軽減効果について検討した。

1 円形水路の河床変動：円形水路では半径方向に平均河床面は変化する。そこで平均水深を $h_0(r)$ 、それからの変動を η で表わせば、 $h=h_0(r)(1+\eta)$ となる。図-1はrun-B-203の最終時点における河床の平面形状であって、斜線部は $h_0(r)$ より高い部分($\eta < 0$)を示している。

$h_0(r)$ 面を基準とした河床波は、内岸から外岸へ振幅が増大する円周方向に一次元的な波形に近く、最大堆積位置は最大洗掘位置のほぼ中間に現われることがわかる。また η は内岸で $|\eta|=0.05 \sim 0.878$, 外岸で $|\eta|=0.244 \sim 0.574$ であって、平均河床高からの変動は無視し得ないものである。図-2はrun-B-201について平均河床面の半径方向変化を示したもので、内岸付近を除いて $h_0(r)=Cr^P$ ($P=D/\tan\phi$)で近似できる。二次流の発生域の限界における流速分布を $v=(m_1 h/k^2 r^2)[Z'-2Z'\ln Z'+\ln Z']$ ($Z'=Z/h$) とし、 $m_1=rU$ と考えると、粒径の高さにおける流向は、

$D=[Z_d'-2Z_d'\ln Z_d'+\ln Z_d']/k^2$
 となる。ここで、 $Z_d'=d/h$ である。この式によると粒径が小さくなるにつれて D が大きくなる傾向が見られる。図-3には K をパラメーターとしたこの式の d/h による変化を、各runの D の値とともに示してある。最大洗掘深の予測にあたってはこの D と η の特性を知ることが必要である。

2 河床波の特性 (1)河床波の形成条件：河床形態を砂州河床(B), 平滑河床(H), および内岸まで河床波が発達しない状態(PH)に区分して、図-4に示すように $R_c/B \sim r/B$ 区分図で形成条件を検討した。図中には直線水路でのlower regimeとupper regimeの区分線が記入してあるが、 η の小さい領域で砂州がTransitionに入っている。一方、 $R_c/B=2$ と $R_c/B=1$ とは(B)と(PH)との境界はほとんど差がない。今後、平滑河床および移動限界付近の検討を行う必要があるが、河床波の発生に対する η の影響は小さいと考えられる。

Run	d	h	ω	u_{*c}	Re_θ	τ_{*c}	
B-201	0.4	5.18	62.5	2.92	13.5	0.132	B
B-202		4.28	42.4	2.06	10.0	0.0657	PM
B-203		4.31	70.0	3.33	14.5	0.172	B
B-204		5.10	95.5	4.41	19.1	0.301	B
C-201	0.1	4.28	52.0	2.37	1.97	0.347	B
C-202		5.34	45.9	2.06	1.69	0.262	PM
C-203		5.86	71.6	3.12	2.49	0.602	B

d(mm), h(cm), ω (rpm), u_{*c} (cm/sec)
 B: Bar, PM: Partial Moving, F: Flat bed

表-1 実験条件

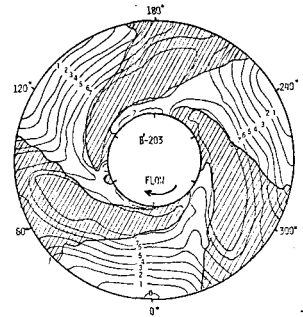


図-1 河床の平面形状

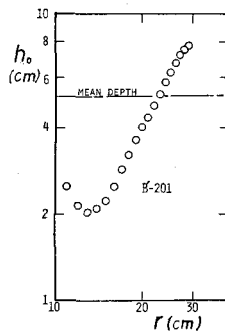


図-2 $h_0(r)$ の変化

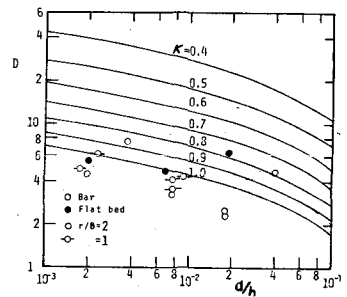


図-3 D の d/h による変化

(2) 河床波の形状と移動特性 : 河床波の代表量を表-2に示す。 n は波数, L_B は波長, V_d は移動速度である。河床波の無次元諸量については δ による差異は認められない。一方 V_d/u_* もほぼ同様の値を示している。このことから、弯曲部における砂州の停止には曲率より流入直線部の影響, すなわち弯曲偏角の効果が大きく、偏角の大きい弯曲後半部の砂州は急弯曲でも移動すると考えられる。

3 水制の効果 : 水制が最大洗掘深および堆積高に与える影響を検討するため、B-203に近い実験条件で縦工(外岸取付と内岸取付), および横工について実験を行った。水制は越流型の不透水水制であって、外岸縦工では水制長 $l=2\text{cm}$, 水制高 $H_d=5\text{cm}$ で、間隔 $\theta_d=5^\circ\sim 60^\circ$ ($\delta=2.62\sim 31.4\text{cm}$)と変化させている。内岸縦工では $l=6\text{cm}$, $H_d=8\text{cm}$ で、 $\theta_d=10^\circ\sim 90^\circ$ ($\delta=1.74\sim 15.7\text{cm}$), また $l=10\text{cm}$ で $\theta_d=90^\circ$ で行っている。

横工では $H_d=8\text{cm}$, $l=2\text{cm}$ の水制を $S=2\text{cm}$, および 4cm で行った。内、外岸の縦工および横工の一例をそれぞれ写真-1, 2, 3に示す。内

岸縦工では水制はほとんど砂中に埋没しており効果はみられなかった。横工の場合にも顕著な傾向は見られないが、後者の $S=4\text{cm}$ の場合に内岸の堆積の一部が削られるが、堆積位置は変わらず、停止する現象が見られた。外岸縦工では $\theta_d\leq 30^\circ$ で河床波が消え、最大洗掘深、最大堆積高にも効果が見られた。図-5、写真-1内岸縦工

6にそれぞれ洗掘深、堆積高の θ_d による変化を示した。最大堆積高、最大洗掘深およびそれらの変化幅は $\theta_d=10^\circ$ の時最小値をとる。この時 $\delta=2.62$ で、直線河道で水制効果が良いと言われている $\delta=2\sim 4$ に入っている。今後、掃流力の変化に着目して、水制による洗掘、堆積の軽減機構を解明するための実験、および混合砂を用いた実験を行う予定である。本研究の一部は昭和52年度試験研究費の補助を受けたことを付記する。

1) 村本 山崎 : 土木学会関西支部年講(1977)

2) 中川他 : 堤防護岸の水理学的研究(1977)

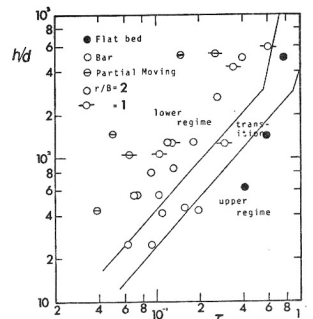


図-4 V_d/u_* による区分

Run	n	L_B/δ	V_d/u_*	η_1	η_2
B-201	5	1.22	0.0254	0.225	0.320
B-203	3	2.10	0.0172	0.230	0.480
B-204	2	3.05		0.868	0.295
C-201	8	0.785	0.000979	0.721	0.284
C-203	3	2.10		0.878	0.261

表-2 河床波の特性量

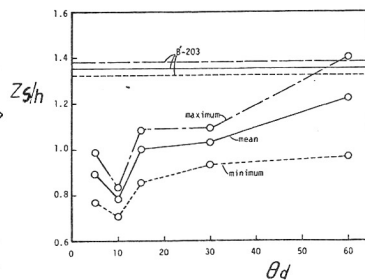


図-5 洗掘深の θ_d による変化

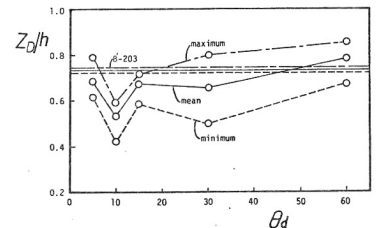


図-6 堆積高の θ_d による変化

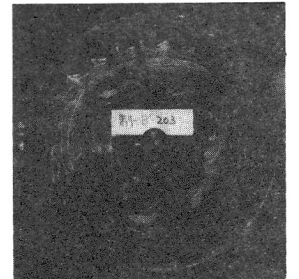
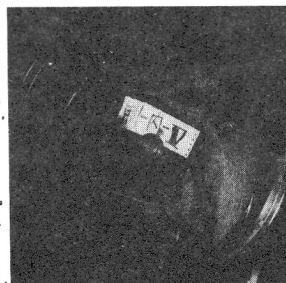


写真-2 外岸縦工

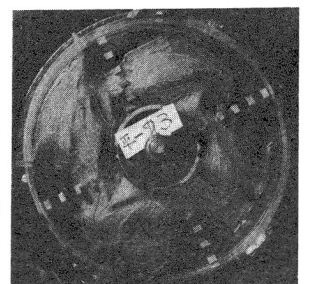


写真-3 横工