

円形水路の河床変動に対する水制の効果について

京都大学防災研究所 正員 村本嘉雄
京都府 正員 山崎 隆
北陸電力 正員 和田康隆

開水路弯曲部における河床波の特性を把握するために、円形水路を用いて実験を行ってきたが、今回は河床変動に対する水制の効果について前報で洗掘と堆積の軽減効果が顕著であつた外岸横工についてさらに詳細な実験を行った。

① 実験の概要：前報と同じ円形水路(幅 $B=20\text{cm}$ ，中心曲率半径 $r_c=20\text{cm}$)，実験砂(Ｂ砂，粒径 $d=0.4\text{mm}$)および水制(高さ $H=5\text{cm}$ ，長さ $l=2\text{cm}$)を用いて実験を行った。表-1に示す θ_a は水制間隔を中心角で表したもので、 λ はそれを長さに換算したものである。河床高の測定は最大洗掘深(Z_b)と最大堆積高(Z_o)および円周方向 10° 間隔、半径方向 $1\sim 2\text{cm}$ 間隔に全河床面にわたって行った。

② 平均河床横断形状と水制周辺の洗掘：B'-201- 40° およびB'-203- 60° のRun以外では河床波が消え、写真に示すように同心円状の堆積部が形成され、それより内側にはrippleが発生する。この場合、最大洗掘位置は水制前面に現われ、最大堆積位置は円状堆積部の峰あるいはそれより若干内側に現われる。B'-201- 40° を除くB'-201の全Runについて平均横断形状を求めたものを図-1に示す。水制を設置したものは、水制がないものに比べて最大堆積位置がかなり外岸方向へ移動しているが、 θ_a による差はみられない。外岸から堆積部の峰までの距離を r_b とし、 r_b/B と θ_a の関係を図示すれば図-2のようである。いずれの実験ケースも $\theta_a \leq 30^\circ$ では r_b/B は θ_a の変化に関係せず、掃流力 T_b に対応して増大する傾向がある。一方、水制まわりの洗掘・堆積状況を知るために、間隔 20° にあつて詳細に河床高を測定した結果をB'-201- 10° について示せば図-3のようである。水制前面の洗掘は外壁に近くなるほど深くなり、水制後部では砂が堆積している。実験観察

Run	$\theta_a(^{\circ})$	$\lambda(\text{cm})$	$h(\text{cm})$	$\omega(\text{rpm})$	$u_*(\text{cm/s})$	$T_b(\times 10)$
B'-201	5	2.62	4.97	63.0	2.99	1.38
B'-201	10	5.24	5.24	66.5	3.11	1.50
B'-201	15	7.85	5.04	63.4	3.00	1.39
B'-201	20	10.47	5.17	63.3	2.97	1.36
B'-201	40	20.94	5.12	62.9	3.00	1.39
B'-202	5	2.62	4.26	41.9	2.07	0.62
B'-202	10	5.24	4.19	46.9	2.29	0.81
B'-202	15	7.85	4.29	41.7	2.07	0.62
B'-203	5	2.62	4.34	69.0	3.34	1.72
B'-203	10	5.24	4.29	68.4	3.31	1.69
B'-203	15	7.85	4.19	72.5	3.50	1.89
B'-203	30	15.71	4.44	73.5	3.53	1.93
B'-203	60	31.41	4.28	71.5	3.45	1.84
B'-204	5	2.62	4.98	96.4	4.48	3.10
B'-204	10	5.24	4.79	97.1	4.50	3.13
B'-204	15	7.85	5.19	96.8	4.47	3.01
B'-201	水制なし		5.18	62.5	2.92	1.32
B'-202			4.28	42.4	2.06	0.66
B'-203			4.31	70.0	3.33	1.72
B'-204			5.10	95.5	4.41	3.01

表-1 実験条件

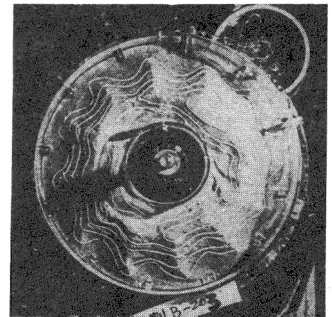
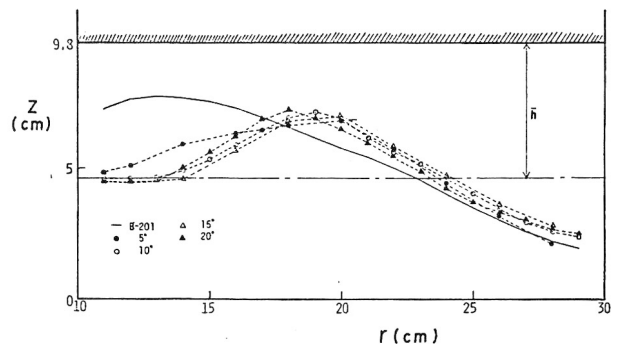
写真 河床形状(Run B'-203- 30°)

図-1 平均河床横断形状

によれば、水制のすぐ後ろには死水域が生じるようであり、そこに堆積する砂は上盤回転中もあまり動かなかつた。

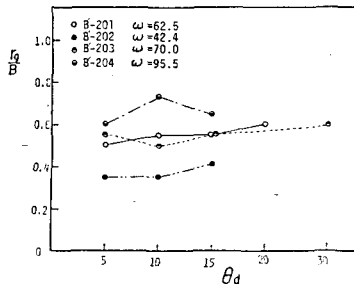


図-2 z_s/z_b と θ_d の関係

⑧ 最大洗掘深と堆積高に対する水制間隔の影響：表-2 に示した z_s と z_b は、各水制前面に現われた最大洗掘深と円状堆積部の峰などに現われたいくつかの最大堆積高をそれぞれ平均したものであり、平均水平河床面を基準として測定している。また水制がない場合の z_s , z_b は河床波に対応して現われる最大洗掘深と堆積高を各河床波について測定し、それを平均したものである。B'-203-60° および B'-201-40° 以外では z_s および z_b に顕著な軽減効果が見られ、これは上述のように河床波が消える限界と対応していると考えられる。しかしながら、水制によつて河床波が消えている条件においても、 z_s および z_b は θ_d によつて若干変化している。洗掘深に関しては B'-201, B'-202 で $\theta_d = 5^\circ$, B'-203, B'-204 で $\theta_d = 10^\circ$ のとき最も軽減効果があり、堆積高に関しては B'-201, B'-204 で $\theta_d = 15^\circ$, B'-202 で $\theta_d = 5^\circ$, B'-203 で $\theta_d = 10^\circ$ のとき最も効果がある。洗掘の軽減に最適な水制間隔-長さ比は $\lambda/l = 1.3 \sim 2.6$, 堆積に対しては $\lambda/l = 1.3 \sim 3.9$ であつて、 τ_x が大きい場合に λ/l の最適値がやや大きくなる傾向がみられる。 z_s , z_b は図-4 のように τ_x の増加とともに若干増大している。次に河床波(Ba)一波長当り何個の水制を入れば洗掘深に対する効果が明瞭になるかを検討したのが図-5 である。洗掘軽減指標 $\bar{z}_s$ として、水制設置時の洗掘深を設置しない場合の洗掘深で除したものをを用いれば、 $\bar{z}_s$ は水制がないときに発生する河床波の波長で無次元化した水制間隔 $\lambda/L_b = 0.05 \sim 0.1$ において極小値を持つようである。すなわち、一波長間に10個から20個の水制を制置した場合が効果が大きいように思われる。

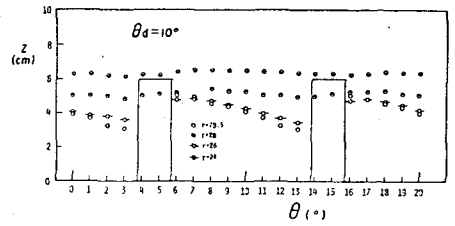


図-3 水制付近の河床変動

Run	z_s/h	z_b/h
B-201-5	0.610	0.551
B-202-5	0.439	0.341
B-203-5	0.892	0.682
B-204-5	0.707	0.667
B-201-10	0.630	0.540
B-202-10	0.523	0.399
B-203-10	0.786	0.531
B-204-10	0.704	0.700
B-201-15	0.716	0.517
B-202-15	0.676	0.432
B-203-15	1.002	0.587
B-204-15	0.802	0.573
B-201-20	0.772	0.536
B-203-30	1.032	0.658
B-201-40	0.771	0.689
B-203-60	1.224	0.785
水制がない場合		
B-201	0.859	0.750
B-202	0.982	0.573
B-203	1.383	0.735
B-204	0.913	0.937

表-2 z_s/h と z_b/h

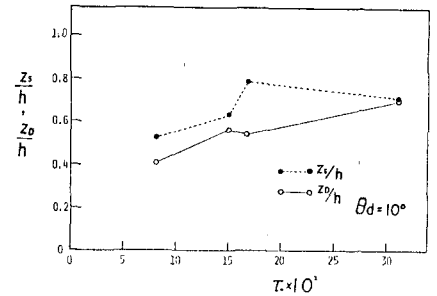


図-4 z_s/h , z_b/h と τ_x の関係

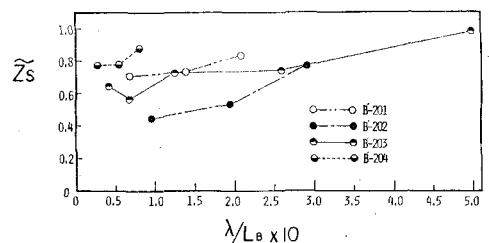


図-5 $\bar{z}_s$ と λ/L_b の関係

- 1) 村本 山崎：土木学会関西支部年講(1977)
- 2) 村本 山崎：土木学会関西支部年講(1978)