

細砂河床における網状流路の形成過程

京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄 正員 藤田 裕一郎
日本道路公団 正員○永田 順宏

1. はしがき 浮遊砂あるいは小規模河床形態の発生の容易な細砂河床の網状流路の形成条件と変動過程について基礎実験を行い考察を加えた。

表 実験条件と平均水理量

2. 実験の概要 実験は、幅180cm、長さ15mの鋼製可変勾配水路に、 $d_m=0.2$

06mmで、 $u_{*c}=1.49\text{cm/s}$ (岩垣式)、 $w_0=$

2.25cm/s(Rubey式)の砂を敷均して行

った。実験条件は、芦田・道上の抵抗算

出法によって流量を予測し、Upper re-

gime, Transitionに近いUpper regime

及びLower regimeに対応した3種類の

勾配について表のように設定した。通

水中の水位、下流端での採水濃度から

の全流砂量、途中停水時に河床高を測

定し、河床形態の変化を写真撮影した。

3. 実験結果 水位と河床高から算定

した水理量は上表の通りで、実測の全

Run No.	Time	Q l/s	h cm	Fr	Ie x1000	U* cm/s	V/U*Re*	qT cm ² /s	qB' cm ² /s	qs' cm ² /s	qs'/qB'	
1-1	10'	8.0	0.65	2.71	30.1	4.36	15.7	7.0	—	0.559	0.0220	0.039
-2	27'	8.0	0.76	2.14	27.8	4.53	12.9	7.1	—	0.559	0.0220	0.039
2-1	10'	6.1	0.63	2.16	30.1	4.30	12.5	6.8	0.939	0.479	0.0138	0.029
7-1	08'	19.8	1.43	2.05	36.4	7.09	10.9	10.4	5.52	2.82	0.284	0.101
10-1	01' 40"	19.4	1.62	1.67	29.9	6.83	9.74	10.3	7.18	2.49	0.230	0.092
8-1	01' 30"	3.5	0.50	1.76	34.5	4.13	9.42	5.9	0.527	0.405	0.0078	0.019
-3	22'	3.8	0.60	1.45	34.5	4.52	7.79	6.0	0.635	0.405	0.0078	0.019
9-1	02'	3.4	0.49	1.76	35.5	4.12	9.36	5.7	0.457	0.407	0.0108	0.027
3-2	30'	7.8	1.05	1.29	9.85	3.17	13.0	5.7	—	0.115	0.0022	0.019
-4	1hr40'	8.1	1.02	1.40	9.81	3.11	14.2	5.5	0.205	0.115	0.0022	0.019
5-1	22'	11.0	1.70	0.88	9.42	3.92	9.2	5.9	0.391	0.282	0.0107	0.038
-4	1hr26'	11.0	1.40	1.18	9.97	3.67	11.9	5.5	0.425	0.282	0.0107	0.038
6-2	20'	19.9	1.99	1.28	7.94	3.86	14.6	6.2	—	0.382	0.0402	0.105
-4	1hr16'	19.9	1.94	1.36	9.33	4.27	13.8	6.9	0.731	0.382	0.0402	0.105
4-1	35'	5.2	1.04	0.92	9.7	3.06	9.43	4.8	0.093	0.012	—	—
-2	1hr45'	4.8	1.41	0.51	10.1	3.70	5.15	5.9	—	0.012	—	—
-5	5hr40'	5.1	1.45	0.55	10.0	3.67	5.52	5.8	0.053	0.012	—	—
11-1	22'	9.1	1.68	0.75	2.99	2.15	14.9	3.4	0.063	0.0045	—	—
-2	1hr45'	9.1	2.95	0.31	3.18	3.01	5.6	4.7	0.051	0.0045	—	—
-5	16hr00'	9.1	3.09	0.30	3.72	3.31	4.9	5.2	0.021	0.0045	—	—

流砂量 q_T と芦田・道上式による掃流砂量、浮流砂量の算定値 q_B' 、 q_s' 及びその比を示している。実験は、河床形態の変化過程から次のように大きく3つのグループに分けられた。

1) Upper regimeの実験(Run D-1, D-2, D-7, D-10, D-8, D-9): 初期の段階で高モードの複列砂州の形成がはっきり確認できる場合(Run D-8, D-9)と通水直後のわずかな間だけ水面の波だちから砂州が形成されたと判断される場合(Run D-10)がある。いずれも早い段階で反砂堆が生じ水流が集中して、激しい波だちのchute & poolが形成されるとともに浮州が現われ、浮州上に反砂堆を残した形の網状流路となる。一連のchute & poolの発生位置は砂州河床の凹凸に影響されていると思われる。

フルード数は約1.5~2.7であるが、流速係数は複雑な河床の影響でやや小さい。浮遊砂量の算定値も浮遊限界を十分に上回っているにもかかわらずかなり小さいが、これは水深が非常に小さく流れが浮遊砂を十分に含み得ないためと考えられる。

2) Transitionの実験(Run D-3, D-5, D-6): 初期にrippleが形成され、ほぼ同時に砂州の発達も顕著になる。砂州の発達とともに砂州上に形成されていた

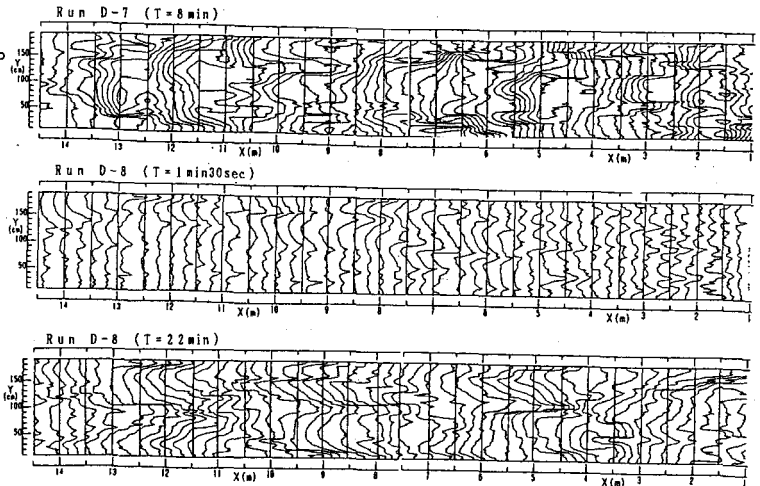


図-1(a) 河床形態の変化

Yoshio MURAMOTO Yuichiro FUJITA Nobuhiro NAGATA

rippleは消滅し主流部のrippleもflushされて、結局残存するのは主流路以外の水みちと、Run D-3のように早い段階で浮州化した砂州上のみとなる。流速係数には、時間的な抵抗増加が見られず、rippleが消滅していったことと対応している。

3) Lower regimeの実験(Run D-4, Run D-11):河床全面でrippleが発達し、砂州はその rippleの斜め連なりを前縁として発生し、rippleに覆われたままで発達していく。砂州の発達後も砂州上のrippleは消滅せず、浮州化した場合でも上面には大きくかつ扁平になったrippleが残存する。しかし、勾配の大きいRun D-4では主流部はrippleが消滅して平坦河床となる。流速係数は通水初期を除いてほぼ5であり、完全なLower regimeと判断される。

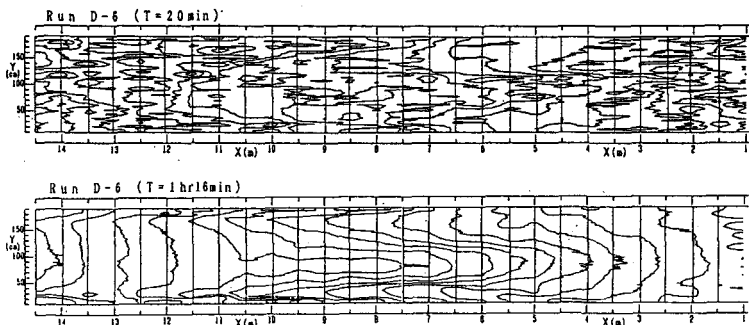


図-1 (b) 河床形態の変化

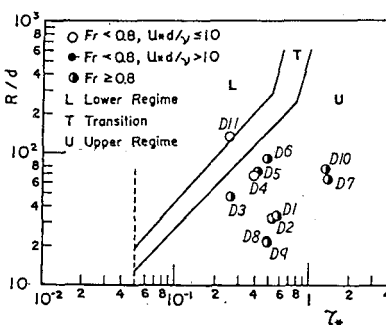


図-2 河床形態の領域区分図

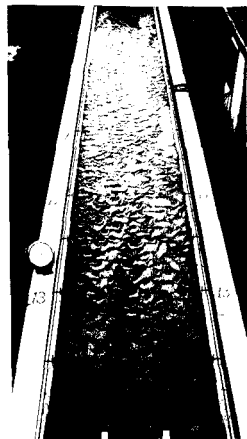


写真 河床形態(Run D-11)

4. 河床形態の形成条件に関する考察 小規模河床形態について、図-2に芦田・道上の領域区分図による検討結果を示す。前節1)の全実験及び3)のRun D-11は一致しているが2)及び3)のRun D-4は一致していない。本実験の大半は $Re_* = 5 \sim 7$ の範囲であって、 Re_* の小さい場合は従来のものよりも発生条件が変化していると思われる。つぎに複列砂州のモードmについて、藤田¹⁾の領域区分図上にプロットすれば図-3のようになる。rippleの発達したRun D-11以外は、従来認められているように下限線の下側で網状化が見られ、形成領域の範囲内にある。今回の細砂河床の特徴としては、比較的高モードの段階で浮州が生じ網状化していることが挙げられるが、これは砂州波高の発達による流量の集中から、深掘れが起こり浮州が生じるような現象が進み易いためと思われる。Run D-11については、砂州発生に関わる擾乱の単位としてパラメータの粒径 d の代わりにrippleのスケールに対応した大きさ Δ を考え、ここではrippleの実測波高 Z_r に対し $\Delta = Z_r/4$ として修正するとこれまでの区分線とよく合致する。また、浮遊砂の影響については、黒木²⁾による河床安定解析ではモードが高く、幅に比して波長の長い砂州の形成が予測されているが、本実験ではそのような傾向は認められなかった。これは、前述のように浮流砂量が少なく影響が現れにくかったことと対応している。

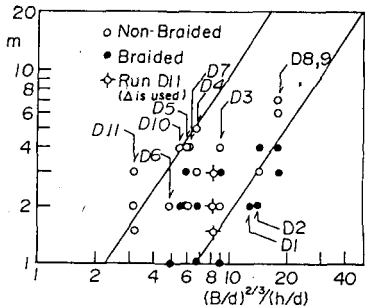


図-3 複列砂州の領域区分図

5. あとがき これまで実測資料の乏しかった細砂河床における網状流路に関して基礎実験を行い、その形成過程に考察を加えた。今後はこれらの実験資料を用いてさらに定量的な考察を行うことが必要である。また現在、河床安定論を用いた砂州の形成領域、発達速度についても検討中でありさらに研究を進めて行きたい。

【参考文献】1) 藤田・赤松・村本：第31回水講，1987。 2) 黒木：北海道大学学位論文，1988。