

II-97 交互砂州の発達過程に関する考察

京都大学防災研究所 正員 藤田裕一郎 正員 村本嘉雄 京都市 堀池周二

1. 序論： 水理条件の変化に対応して生じる砂州の変形は河道の安定に重要な影響を与えるが、その予測には砂州の発達・崩壊の機構を明らかにする必要がある。この目的のために著者らは広い範囲の条件で交互砂州の発達過程に関する詳細な実験を行い、その過程と機構の特徴を把握している。それによれば発達過程には図-1に示された段階——1. 波長 l_b の増大が急激である段階、2. l_b の増加は緩慢になるが波高 z_b が顕著に増大して最初の極大値に到る段階、3. l_b , z_b とも一定値の周辺を緩やかに変動する段階——があり、そのうち第2段階の z_b の増加は主として側壁付近の土砂(図-2Eの部分)が流路中央に流送堆積(同Dの部分)されて生じ、その結果横断方向各点の河床高と平均河床高の差の縦断方向平均値は図-2の太線のような薄銚型形状となつて、その高さ z_k は全波高の約50%に達することが明らかにされている。本文では、以上の知見に基づき、波長、波高の発達過程についてさらに検討を加え、発達時間の予測と発達径路の差異について考察した結果を述べる。

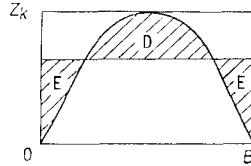


図-2 薄銚型横断形状の模式図

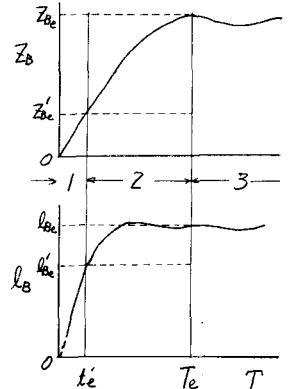


図-1 発達過程の模式図

Run No.	T min	Q l/s	B cm	h cm	$l_e \times 10^{-3}$ cm/s	U_* cm/s	d_m mm	T_e min	T_{e2} min	$\bar{z}_{Be}$ cm	$\bar{z}_B$ cm	$\bar{q}_B$ cm ³ /s
A-1	501	3.00	55	1.65	5.78	2.95	0.99	354	215	4.32	0.0223	—
A-2	94	3.09	55	1.37	10.09	3.59	—	—	—	—	—	—
B-1	309	1.39	30	1.50	6.59	2.96	—	147	140	1.51	0.021	—
B-2	136	1.43	30	1.36	15.08	3.56	—	55	152	2.11	0.0605	—
C-1	98	3.00	40	1.77	9.48	3.88	—	44	162	2.45	0.0743	—
C-2	162	1.95	40	1.26	9.35	3.28	—	66	206	2.97	0.054	—
D-1	366	43.78	200	4.15	3.51	3.63	0.88	270	936	7.35	0.210	—
D-2	560	43.78	200	4.32	2.59	3.16	—	560	1003	5.90	0.130	—

2. 実験の概要： 実験は4種の流路幅に対し交互砂州の形成条件を満足させて行い、適宜停水して l_b , z_b と水理量を測定

表-1 実験条件および測定結果

した。水理量の経時変化は小さく、表1にはその平均値および第2段階終了時刻(砂州の発達時間) T_e とそのときの波長 l_{be} 、波高 z_{be} が示されている。

3. 砂州の発達過程： 波長および波高の発達過程と面高の相違を T_e , l_{be} , z_{be} で無次元化して示せばそれぞれ図-3および4のようになって、実験条件によらず砂州形状は比較的相似となるが、発達径路には初期条件および水理条件によってこのような差異の生じることがわかる。また、図-3, 4では z_b に比して l_b の増大の早いことが明瞭であり、第1段階終了時刻 t_e を最初に $l_b/l_{be} = 0.7$ となる時刻と定めれば、初期数回の影響が長く残ったRun D-1を除き $t_e/T_e \leq 0.3$ であつて、発達径路の差異は主に t_e/T_e の値とこのときの z_b/z_{be} の値の差異にあることがわかる。図-4では $l_b/l_{be} > 0.7$ の z_b/z_{be} の増加量は平均で約0.7であつて、 l_b が前縁の正射影長として定義されていることを考えれば、 l_b が相当発達した、すなわち長い砂州前縁が明確になった直後に z_b を増大させるような土砂移動状況が顕著になることが推定される。この発達過程の第2段階は発達時間の大半を占め、かつ波高の発達しない砂州の河川工学的な重要性は

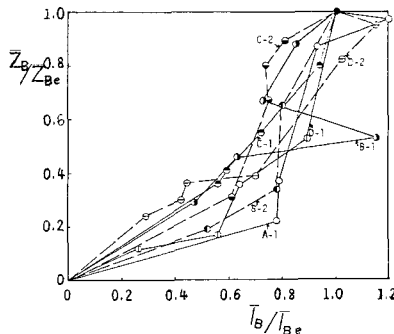
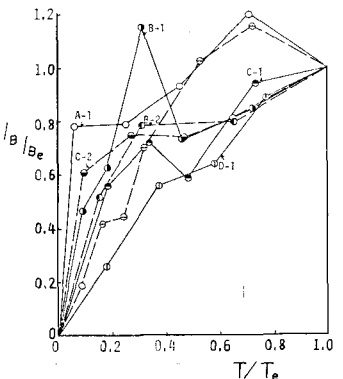
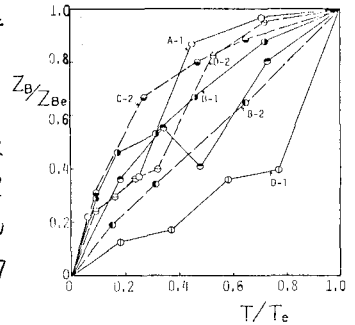


図-4 無次元波長・波高の発達過程の比較

図-3 無次元波長・波高の発達過程

低いと考えられるので、砂州の発達には浪高の発達であるとみなしうる。従来の研究によつて発達後の l_b の資料は比較的豊富であり、それらの詳しい検討結果を用いれば水理条件から l_{be} , z_{be} はある程度予測できる。したがつて、 T_e および発達経路の相違が明確になれば砂州の発達過程を予測することが可能となる。

④. 砂州の発達時間：図-2の扇形型横断面形状の高さ z_k がオ2段階の z_b の増大の大半を占めることに着目して、この形成の形成に關する横断方向の土砂移動量 δy の経時変化を検討した結果の一例を下流端実測流砂量 $\hat{q}_b$ で無次元化して示せば図-5のようである。右方向流砂量を正としているので字坑の分布を示す場合に両側壁近傍から流路中央に土砂が流送されていることを表し、符号が反転しない場合は主に片側の砂州のみが変形している。例示したRun C-1では初期から大量の土砂が流路中央に流送されていて、最初の停水でオ2段階に入っていた測定結果と符合する。この字坑分布の最大値と最小値との差 $\delta y/\hat{q}_b$ の時間的変化を示せば図-6のようであつて、実験規模の差にかかわらず平均的には同程度の値を持つことがわかる。

図-2の扇形型形状はいずれの実験でも類似した形を呈するので z_k と B で無次元化すれば同一形状になると仮定でき、 $z/z_k = f(y/B)$ と表せる。したがつて、2発達に伴つて移動した面積 A_k (図-2斜面部)は常に $A_k = \alpha_k B z_k$ となる。また、これまでのことから z_k と z_b に比例関係を考へて $z_k = \alpha_b z_b$ 、一方、 A_k の移動を生じる横断方向流砂量強度 $\delta y/\hat{q}_b$ は前述のように平均的には一定であるので $\hat{\delta y} = \alpha_g \hat{q}_b$ とおける。以上から、 $T_e = \alpha_k A_k / \hat{\delta y} = \alpha_k B z_{be} / \hat{q}_b$ ($\alpha_k = \alpha_t \alpha_k \alpha_b / \alpha_g$)、あるいは B と l_b との対応が良いので $B = \alpha_l l_{be}$ とすれば、 $T_e = \alpha_l \alpha_b z_{be} / \hat{q}_b$ ($\alpha = \alpha_k \alpha_t \alpha_b \alpha_l / \alpha_g$)となる。図-7は後者の関係を検討したものであつて、 $\alpha = 0.57$ のとき上式の計算値と実測値との対応は非常に良く、これらの式から発達時間が予測できることがわかる。

⑤. 発達経路に関する考察：さで述べた発達経路の主な相違点に着目し、簡単のために同一の水路で水理条件の差によつて z_{be} に大小の現われの場合について考察する。

いま、 $z_{be1} > z_{be2}$ とし、縦断方向の高低差によつて生じると思われるオ1段階の浪高の発達が流砂量に比例する割合で起ると仮定すれば、 $t_{e1} = \alpha' \alpha_l z_{be1} / \hat{q}_{b1}$ と表せるので $t_{e1}/t_{e2} = (\alpha'/\alpha') \beta_2 z_{be1}/z_{be2}$ であり、 $\beta_2 = \hat{q}_{b2}/\hat{q}_{b1} = 0.7$ であり、 t_{e1} は $T = t_{e1}$ のときの諸量を表す。さらに、 z_b が粒径の β_2 倍に達して前縁が明確になるとすれば $z_{be1} = \beta_2 z_{d1} \approx \beta_2 z_{d2} = z_{be2}$ である。 β_2 は、主に B/d , h/d の関数であつて、おさうく $\beta_2 = 5 \sim 10$ 程度と思われる。以上から、 $(t_{e1}/T_{e1}) / (t_{e2}/T_{e2}) = z_{be2}/z_{be1}$ となり、 $t_{e1}/T_{e1} < t_{e2}/T_{e2}$ が導かれる。また、単に $z_{be1}/z_{be2} < z_{be2}/z_{be1}$ であるので、顕著に浪高の発達する場合の方が相対的にオ1段階の終了が早く、そのときの z_b/z_{be} は小さくなることがわかる。表-2は以上の考察結果をB, Cシリーズの実験によつて検討したものであつて、推論が定性的には妥当であることを示している。この考察は極めて単純なものであるが、 β_2 が適確に与えられれば発達経路についてもその予測が可能と思われる。

⑥. あとがき：以上のように、砂州の発達過程について l_{be} , z_{be} が与えられれば発達時間が予測でき、また水理条件の違いによる発達経路の差もある程度説明できることを示した。今後は流況と土砂移動との関係から z_{be} の予測を試みるとともに、発達初期過程について β_2 の特性を明確にし、 l_b の決定機構の考察を進める予定である。最後に、実験、資料整理に尽力してくれた大学院生小池剛君に謝意を表します。
<参考文献> 1) 村本・藤田・堀池：限53関西支部年報概要、2) 村本・藤田：オ22回水理講演会論文集 1978

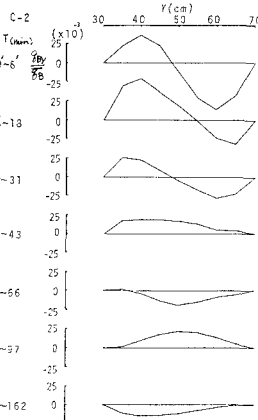


図-5 横断方向流砂量分布

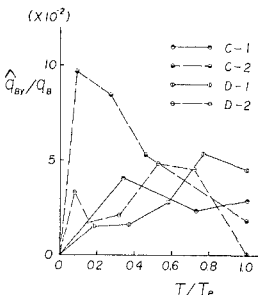


図-6 横断方向流砂量強度の時間的変化

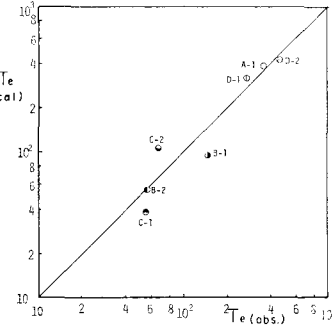


図-7 発達時間に関する検討

Run No.	t_e min	z_b cm	T_e min	z_{be} cm	t_e/T_e	z_b/z_{be}
B-1	46	0.8	147	1.51	0.31	0.53
B-2	8	0.4	55	2.11	0.15	0.19
C-1	8	0.89	44	2.45	0.18	0.36
C-2	6	0.91	66	2.97	0.091	0.31

表-2 発達経路に関する検討