

北海道開発局・土木試験所 正会員 小川 芳昭

同 上 河川計画課 同 上 田口 哲明

同 上 土木試験所 同 上 ○原田 輝雄

まえがき 一般に、砂質海岸に流出する河川における河口附近の地形変化に影響を与える要因としては、河川、海岸の水理量、底質などがあり、これらが相互に複雑な作用をして河口閉塞、あるいは偏流など、河川の改修、維持、管理上に多くの問題を投げかけている。本研究は、河口形状を単純化した移動床模型によって、底質材料を、海砂と軽量骨材（メサライト）を用いた場合の河口閉塞現象について、実験的考察を行ったものである。したがって、河口附近に働く諸々の要因を物理的に究明したものとは異なり、河口の閉塞状態と諸因子の関係を、マクロに捉える統計学的解析法によって主な考察を進めているが、三次元モデルを用いて、定量的にアプローチしようとしていることが特徴となっている。

1. 模型実験及び結果

実験構造図は、図-1に示す形状であるが、外枠はブロックで製作、地形は中込砂をモルタルで被覆した上に、底質材料を厚さ10mmに敷均した。

河川水は、90°刃形せきで量水した後、自然流下させた。

波浪は、フラッター型造波機によって波を発生させ、容量式波高計でこれを測定、Wiegelsの数表により沖波に換算したが、潮汐流、沿岸流は発生させず、淡水で実験を行った。

実験終了後は、河口部の最狭断面を測定すると共に、1cm間隔の深浅図を作成、海浜、河口部全体の変動状況把握の資料とした。さらに、実験前等高線図と、深浅図から1cm毎の底質材料

変動点を結び、等変動線図を作成した。この図から、河口部における変動（漂砂の移動とみなせる）を、図-2の凡例のように定義すると、砂の移動を模式図として表したタイプa～eの変化は、開口率順に移行することが認められる。この現象は、海岸線に直角方向に流出する河口において、波や底質の特性による砂の動きを堆積、遷移、浸食の3つの型に分類し、前2者は河口附近に砂堆が形成され河口が埋没するとしている既往の報告と傾向は類似している。

2. 次元解析

波浪や河川の諸元から、河口閉塞の程度を開口部断面の変化で表すと、閉塞現象は、

$$f\{Q(t), \epsilon, \rho, \nu, h_0, A_0, H_0(t), L_0(t), T(t), S_0, d_m, \sigma, g, A(t)\} = 0$$

……(1)で与えられる。この式について次元解析を行い、実験に

関与する因子のみを抜きだした結果、次式を得る。ただし、 Q, H_0, L_0, T は、時間的变化を与えず、さらに、 A も河口部の変形が平衡状態に達したときの面積を用いるので、ここでは、時間の因子(t)を除いている。

$$\frac{A_0}{A} = f\left(\frac{Q/A_0}{\sqrt{gH_0}}, \frac{d_m d_0}{L_0}, \frac{H_0}{L_0}, \frac{H_0}{d_m}, \frac{A_0}{L_0 H_0}, \frac{\sigma}{\rho}\right) \dots\dots(2)$$

ここで第1項は、河川流の初期流出速度と微小振幅波の波速の比でありFroude数である。第2項は粘性の効果を与える量であるから、Reynolds数である。第3項、第4項はそれぞれ沖波の波形勾配、波高粒径比であって

実験 シリーズ	実験 回数	水理量			底質材料			実験過 時間
		沖波高 cm	周期 sec	流量 l/s	平均粒径 mm	容重係数	比重	
I(海砂)	24	0.8~4.2	0.5~1.5	0.14~2.94	0.4	1.9	2.80	2.0 hr
II(メサライト)	32	1.0~4.8	1.0~1.5	0~2.5	1.5	7.6	2.14	1.0

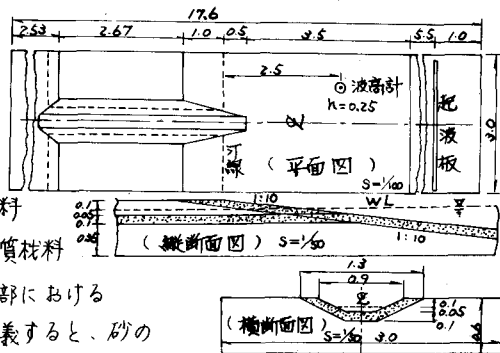


図-1 模型構造

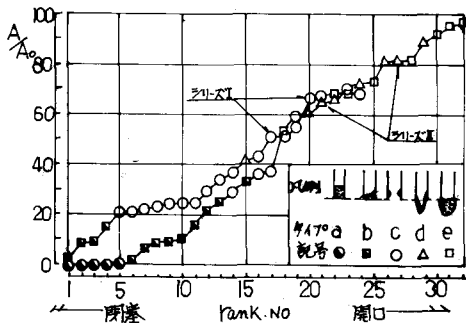


図-2 開口率と河川形状

、ともに沿岸砂州の発生限界を与える指標である。第5項は河口の初期形状の効果を与えるものと考えられ、第6項は底質材料の比重による違いを表しており、いずれの場合も河口閉塞に影響を与えることが予想される。

る。重回帰分析と有意性の検討

開口率と各無次元量の因果関係については、単相関的な見方では説明できないことが別途検討でわかった。たので、重回帰分析の手法により、56ケースのデータについて解析した。

なお、(2)式の本項 π_6 は、底質材料が2種類であり、説明変量としての変化に乏しく、開口率をよく説明するとは言えないので重回帰分析から、これを除いた。

(2)式の各変量を次のようにおくと、

$$F = \frac{A}{A_0}, \pi_1 = \frac{Q/A_0}{\sqrt{g L_0}}, \pi_2 = \frac{d_m \sqrt{g L_0}}{L_0}, \pi_3 = \frac{H_0}{L_0}, \pi_4 = \frac{H_0}{d_m}, \pi_5 = \frac{A}{L_0 d_0} \dots (3)$$

各変量間の相関行列と変量の平均値と分散は表-2になる。

重回帰式は、

$$\hat{F} = -0.59 + 11.1\pi_1 + 0.0001\pi_2 - 16.3\pi_3 + 0.011\pi_4 + 0.214\pi_5 \dots (4) \text{となる。この回}$$

帰式の有意性の検定結果は、表-3となり、Fの推定になんら役にな

立たないという仮説は、危険率1%で十分棄却され、この重回帰式は有意であるといえる。また、目的変量の標本値と、回帰推定値との相関係数という意味をもつ、重相関係数Rは、0.79であった。さらに、各変量のFに対する偏相関係数と、t-検定の結果は表-4となり、危険率1%を越えており総ての変量が有意となっている。

次に、各説明変量の開口率に与える影響の大きさについて検討する。各変量を標準化して、偏回帰係数の大きさから、標本観測値の大きさの違いによる影響を取り除くと、

$$\hat{F}^* = 0.467\pi_1^* + 11.84\pi_2^* + 0.484\pi_3^* + 0.837\pi_4^* + 0.861\pi_5^* \dots (5) \text{となる。}$$

図-3は、開口率(A/A_0)の実測値と回帰推定値の対応が、どの程度であるかを具体的に表しているが、回帰式が単純な線形モデルであるにもかかわらず、単相関に比べて、かなりよく開口率の変動が説明されている。

4. 結論

(1)、河口平面形状(タイパール)の分類と、開口率の間には相関が認められた。

(2)、潮汐の影響が小さく、各水理量が一定のまま長時間河口に作用したとき、

河口閉塞現象は次元解析によると、本文中の(2)式で表される。

(3)、重回帰分析の結果、本文中(4)式の回帰式が得られ、この式により開口率はある程度予測できる。

(4)、本実験の範囲では、 π_6 に影響を与える無次元量は、 $\frac{d_m \sqrt{g L_0}}{L_0}$, $\frac{A_0}{H_0 L_0}$, $\frac{H_0}{d_m}$ が大きく、 $\frac{H_0}{L_0}$, $\frac{Q/A_0}{\sqrt{g L_0}}$ はやや小さい。

(5)、河口における閉塞現象を、次元解析によって整理して、開口率と各説明変量を重回帰分析によって解析、その因果関係を定量化する手法はかなり有効であることがわかった。今後は、現地データを収集して、実験結果と比較検討してゆく予定である。

参考文献 (1) 野田英明：河口閉塞に関する二・三の実験、京都大学防災研究所、年報、第10号(B) (1967)

(2) 田口哲明、原田輝雄：河口閉塞に関する実験的検討、第29回建設省技術研究会、昭和50年11月

(3) 河口至商：多変量解析入門、森北出版(1963)

表-2 相関行列、各変量の平均と分散(データ数56)

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	F	平均	分散
π_1	1.0						141×10^{-3}	150×10^{-4}
π_2	0.125	1.0					4.86×10^{-3}	4.55×10^{-6}
π_3	0.118	0.406	1.0				1.36×10^{-2}	7.41×10^{-5}
π_4	0.005	0.628	0.363	1.0			3.10×10^{-1}	5.04×10^{-2}
π_5	0.192	0.561	0.341	0.068	1.0		9.31×10^{-1}	1.36×10^{-0}
F	0.380	0.314	0.312	0.138	0.037	1.0	4.00×10^{-1}	8.42×10^{-2}

表-3 分散分析表

変動要因	平均値	自由度	分散	分散比(F-値)	F(5,50;0.01)
回帰	2.905	5	0.581	16.07	5.41
残差	1.807	50	0.0361		
全変動	4.713	55	0.0857		
					$R^2 = 2.905/4.713 = 0.79$

表-4 偏回帰係数と変量の有意性(t-検定)

	偏回帰係数	t-値	有意性	偏相関係数	自由度
Const	-0.59				
π_1	11.1	5.245	危険率1%未満	0.596	N-P-1=50
π_2	0.000111	6.562	"	0.680	
π_3	-16.3	-4.690	"	-0.553	t(50;0.01)
π_4	0.011	5.302	"	0.600	
π_5	0.214	5.825	"	0.636	= 2.678

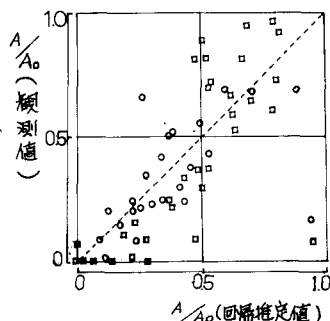


図-3 実測値と回帰推定値の対比