

河口砂州を有する主な河川の最狭開口部平衡条件

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○佐藤 智昭
 バンドン工科大学 Totok Suprijo
 東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

砂浜海岸に開口する河口に沿岸漂砂が堆積して砂州が発達することにより、開口部は狭まる。特に冬期は河川流量が低下し排砂量が減少するので、砂州は成長する。すると、水路の狭窄化により河川流と潮汐流の速度が上昇し、せん断力の増加により排砂能が増え、堆砂と排砂が釣り合う平衡状態となり易い。

Suprijo(2003)^⑥は青田らの土砂収支式に潮汐の効果を加え、河川流、潮汐流、波浪の3つの外力が存在するときの平衡条件を求め、河口と潟湖入口の平衡条件を統一した。本研究は河口砂州を有する主な1級河川のデータを収集解析して、Suprijoの平衡条件の適合性を検討したものである。

2. 開口部平衡条件

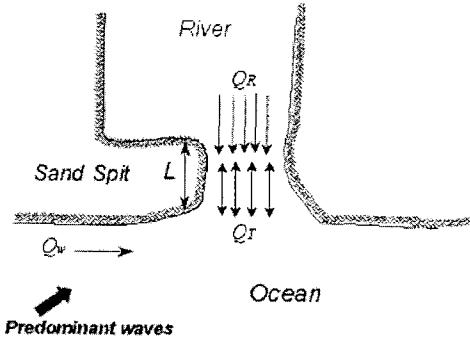


図-1 河口地形モデル

砂浜に開口した河口開口部の土砂収支に関する無次元微分方程式は、Suprijo(2003)により次のように求められている。

$$B^{*4} \frac{dB^*}{dt^*} = \left| \phi_R^{1/5} + \phi_T^{1/5} \cos \omega^* t^* \right|^5 - B^{*4} \dots (1)$$

$$\phi_R = \frac{10n^5 g^{3/2} Q_R^5 (\rho_s - \rho_w)}{s^2 h^{59/6} e_w I_i d} \dots (2)$$

$$\phi_T = \frac{10n^5 g^{3/2} Q_T^5 (\rho_s - \rho_w)}{s^2 h^{59/6} e_w I_i d} \dots (3)$$

ϕ_R と ϕ_T はそれぞれ河川流及び潮汐流による排斥土砂フラックスと、沿岸漂砂による堆砂土砂フラックスの比を含む無次元数とする。この2つの数を比較することで、河川流と潮汐流の卓越度を知ることができる。その結果は後に示す。

3. 資料の収集

日本全国39地点について、河口を管理する国土交通省、北海道開発庁の各現場事務所に、河口周辺の地形測量データ、底質に関するデータ、航空写真の提供を依頼し収集した。波浪データはNOWPHAS^①より、河川流量は流量年表^③より、潮位データは潮位表^②より得た。測量の時期、河口周辺の構造物の配置、データの完備性などを調べ、本研究で想定したモデルが適用できそうな河口としてさらに6地点に絞り込んだ。

4. 外力評価

モデルで必要な河川流量は河口地点における河川の固有流量である。しかし、河口を含めて感潮域では、潮汐の入退潮流量が河川流に重なるために、通常河口には流量観測所は設けられていない。そこで、流量観測が行われている地点の流域面積 x と低水流量 Q_R の相関関係を調べ、流域面積を用いて算定することとした。次式(4)を用いる。

$$Q_R = kx \dots (4)$$

この式を全ての河川流域に仮定し、最小二乗法より比例係数 k と相関係数を求めた。結果、各河川において高い相関関係が得られたため、式(4)を用いて河口部における低水流量の推定が可能と思われる。

潮汐は正弦振動するものと仮定し、河口を入退する潮汐流量の振幅 Q_T は河口内の平均感潮面積 A_T 、潮汐の振幅 a 、潮汐の角周波数 ω の積で表した。沿岸漂砂量はKommer and Inman(1970)^⑤の沿岸漂砂量式を用いて真野ら(1996)^④の方法により碎波点における波浪エネルギーーフラックスを求め、沿岸漂砂量を算出した。

5. 平衡条件の比較

Suprijo(2002)が求めた、無次元平衡河口幅 B_e^* と無次元パラメータ ϕ_R の関係を図-2 に示す。図中一番下の曲線は $\phi_T = 0$ に対応する曲線で、潮汐流がない場合の理論解に対応している。また、各曲線共に ϕ_R が小さくなるほど無次元河口幅 B_e^* は一定の値となっている。これが $\phi_R = 0$ に対応するグラフで、河川流がない場合の理論解に対応している。

図中プロットは、前節まで的方法で得られた 6 つの河口の実測値である。なお、平衡性に関する検討は次節で行う。安倍川は理論値が実測値より過大になっているがそれ以外の河川においては、理論値と実測値は近く、理論は平衡条件をよく表現しているといえよう。また、 ϕ_R と ϕ_T の 2 つのパラメータを比較すると、米代川、阿賀野川、安倍川、天神川の 4 河川では、河口維持に河川流が卓越していて、仁淀川では潮汐流が卓越していることがわかる。また、阿武隈川では河川流と潮汐流が同程度に寄与している。

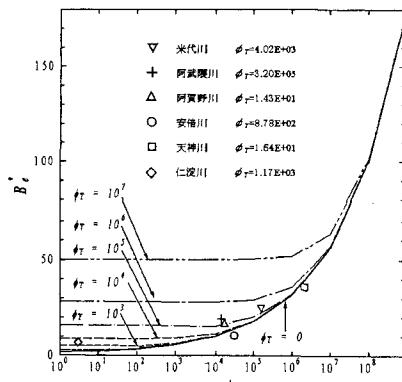


図-2 無次元数の実測値と平衡式

6. 平衡性に関する検討

現地では、河川流、潮汐流、波浪の外力いずれも時間的に変化している。ここで、外力低変動期における外力変化に要する時間スケール T_E と、開口部が新しい外力の状態に対応し平衡状態に達するまでの応答時間 T_1 を比較して、 $T_1 \ll T_E$ であれば、外力の変化に追随した形で平衡地形が移っていくと言える。 T_E として 1 ヶ月をとり、初期の ϕ_{R1} から 1 カ月後、 ϕ_{R2} に外力が変化することを考える。 ϕ_{R1} と ϕ_{R2} に対応した平衡開口幅をそれぞれ B_{e1}^* 、 B_{e2}^* としたときに、 ϕ_{R1} から ϕ_{R2}

へのステップ応答を考え、応答時間 T_1 は、微分方程式(1)を数值的に解くことで求められる。

計算結果、応答時間 T_1 はいずれも外力変化に要する時間スケール T_E より小さく、その時々の外力に対応した平衡状態で河口が変化していることがわかる。ここで、 T_E は、Suprijo(2003)がインドネシアの河口について解析したものにならい 1 ヶ月とした。月平均流量は流量年表から簡便に得ることができる。

表-2 各河口無次元パラメータと地形応答時間

	データ年次	ϕ_R	ϕ_T	B_e^*	$T_1(\text{day})$
米代川	1999.01.18	3.88E+05	6.48E+03	26.6	1.7
	1999.02.18	5.78E+05	4.02E+03	25.1	
阿賀野川	1993.2.21	7.73E+04	2.01E+01	16.7	17.8
	1993.3.21	1.13E+05	1.40E+01	18.3	
安倍川	2001.02.24	2.30E+05	2.43E+03	25.6	16.2
	2001.03.24	7.47E+04	1.59E+03	8.6	
天神川	1976.07.12	5.50E+05	1.16E+01	27.7	2.3
	1976.08.12	4.15E+05	1.47E+01	36.1	
仁淀川	1999.02.10	8.45E-02	2.92E+02	3.2	8.1
	1999.03.10	9.34E-02	1.17E+03	6.9	

7. 結論

実測値を用いて計算された無次元河口幅 B_e^* は平衡式を用いて理論的に表された値とほぼ等しい値を示し、さらに、無次元パラメータ ϕ_R と ϕ_T を比較することで、各河口における河川流と潮汐流の河口地形維持に対する寄与の割合がわかった。また、外力の低変動期において、外力の変化に要する時間スケール T_E と、それに対応して地形が平衡状態に達するまでの応答時間 T_1 を比較することで、応答時間が外力の変動時間スケールより十分短く、外力変化にほぼ即応して外力に対応する地形平衡状態をとることが示された。

参考文献

- 1) 運輸省港湾局監修(1999-2001): (財) 沿岸開発技術研究センター: 全国港湾海洋波浪観測資料(NOWPHAS).
- 2) 気象庁(1976-2003): 潮位表.
- 3) 建設省河川局(1976-2003): 流量年表.
- 4) 真野明、沢本正樹: 沿岸漂砂量硬式に用いる年平均波、海洋開発論文集、第 12 号、pp.55-59、1996
- 5) Komar,P.D. and D.L. Inman (1970): Longshore sand transport on beaches, Journal of Geophysical Research 30, pp. 5914-5927.
- 6) Totok Suprijo(2003): Topographical equilibrium of coastal inlets, 東北大博士論文