

1 次元解析法による海浜の平面的安定形状に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 安田孝志

岐阜大学工学部 〇学生会員 坂野雅人

1. 緒言 海浜変形を海浜の安定化の一過程と捉えるならば、保全対策に有用な予測とは開発行為に伴う海浜の新たな安定形状を知ることにあると言えよう。こうした安定形状を数値計算によって予測するには、膨大な計算時間を必要とするため、簡略化によって解析解の誘導が可能となる場合には、解析的手法を用いる方がはるかに合理的と考えられる。ここでは、こうした観点から、海浜変形の解析的モデルの適用性について検討を行うと同時に、この手法の有用性を明らかにする。

2. 海浜変形の解析的予測モデル 汀線モデルは汀線変化に海浜変形を代表させる1次元解析法の1種であり、海浜変形が沿岸漂砂の非平衡によって生じ、その間、平衡断面が維持されているような場合に対して有効である。そこで、図-1のように座標を定めれば、沿岸漂砂 Q_x の連続式に基づく汀線 y_0 に関する方程式は次式で与えられる。

$$\partial y_0 / \partial t = - \{ 1 / (1 - \lambda) h_c \} \partial Q_x / \partial x + \{ 1 / (1 - \lambda) h_c \} q_R(x, t) \quad (1)$$

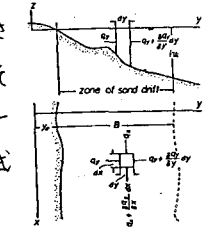


図-1 海浜形状と座標系

ここに、 λ : 海底土砂の空隙率、および $q_R(x, t)$: 汀線からの土砂供給量であり、河口からの流出土砂量がこれに相当する。ここでは、解析的モデルを導くため、以下の仮定を設ける。i) 沿岸漂砂量 Q_x は Savage 型漂砂量公式 $Q_x = \frac{1}{2} \alpha W_b \sin 2\theta_b$ によって与えられる。ここに、 α : 漂砂量係数、 W_b : 砕波点での入射波のエネルギーフラックス、および θ_b : x 軸に対する砕波角。ii) 沿岸方向に W_b および θ_b が一定。iii) 汀線の x 軸に対する傾きは小さく、 $\tan(\partial y_0 / \partial x) \approx \partial y_0 / \partial x$ 。以上の仮定においてこのモデルの適用を大きく制約するものは ii) である。すなわち、ii) の仮定は Q_x が構造物による反射や回折に独立であることを要求しており、これらに影響されない河口デルタの変形などにこのモデルの適用が限られることを意味している。これより、河口デルタに対して解析的予測モデルを導くことにし、一様な流出土砂の場合 $q_R(x) = Q_R \delta(x)$ および時刻 T において流出土砂量が Q_{R1} から Q_{R2} に急変する場合 $q_R(x) = \frac{1}{2} Q_{R1} [\operatorname{erfc}(t-T)] + \frac{Q_{R2}}{Q_{R1}} \{ \operatorname{erf}(t-T) + 1 \} \delta(x)$ について計算すれば、予測モデルがそれぞれ次式のように与えられる。

$$y_0^* = \{ Q_{R1} / (1 - \lambda) \} \{ \sqrt{t^*} \operatorname{erfc}(-x^* / \sqrt{4t^*}) - (1/2) \operatorname{erfc}(x^* / \sqrt{4t^*}) \} \quad (2)$$

$$y_0^* = \{ Q_{R1} / 4(1 - \lambda) \sqrt{t^*} \} \int_0^{t^*} \{ (1/\sqrt{\pi}) \exp\{-x^* / \sqrt{4(t^* - \tau)}\} [\operatorname{erfc}(t - T^*) + (Q_{R2}/Q_{R1}) \{ \operatorname{erf}(t - T^*) + 1 \}] \} d\tau \quad (3)$$

ここに、 $x^* = x/h_c$ 、 $y_0^* = y_0/h_c$ 、 $t^* = \{ t / (1 - \lambda) h_c^3 \} \partial Q_x / \partial \theta_b$ 、 $Q_R^* = (1 - \lambda) Q_R (\partial Q_x / \partial \theta_b)^{-1}$ 、 $T^* = \{ T / (1 - \lambda) h_c^3 \} \partial Q_x / \partial \theta_b$ であり、 h_c : 移動限界水深、 $\delta(x)$: Dirac のデルタ関数。

3. 解析的予測モデルの適用性に関する検討 図-2 は河口デルタの発達に関する Komar の数値計算結果¹⁾との比較を示したものであり、図中の1点鎖線は Komar および実線は式(2)による結果を示す。なお図中の破線は、前述の iii) の仮定における展開を $(\partial y_0 / \partial x)^3$ まで行い、汀線の傾き角の補正を行った場合のものである。式(2)によるものと Komar の計算

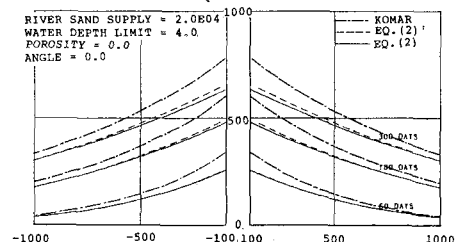


図-2 河口デルタの平面形状に関する Komar の数値計算結果との比較

との相違はiii)の仮定を用いているか否かにあり、図-2はiii)の仮定に伴う誤差の影響を表わしている。したがって、iii)の下でデルタの変形を扱う限り、これに矛盾しない程度に偏平なデルタに解析的モデルの適用対象は限定されるが、このモデルはその他の点

ではKomarの数値計算モデルに何ら遜色ないと言えよう。

図-3は、天竜川の河口デルタの昭和25年から47年までの変形に関して式(3)の適用性を検討したものである。計算は、天竜川の土砂流出に関する報告書および遠州海岸での漂砂観測結果を基に計算に必要な数値を仮定し、昭和34年にダム堆砂の影響が現れたとして流出土砂量を急変させて式(3)によって行ったものである。これから、河口周辺においては、iii)の仮定に矛盾した河川流の影響などのため、形状の不一致は著しいが、河口から1km程度離ればほぼ一致した結果が得られていることがわかる。

図-4は、大井川河口デルタに関して同様な比較を行ったものであり、突堤や大井川港建設の影響が及んでいない右岸側に関しては良好な一致が見られる。これらの結果より、式(2)および(3)に示した解析的モデルは、種々の適用上の制約はあるものの、河口デルタの変形予測に適用可能と判断される。

4. 河口デルタの安定形状 河口デルタが一定形状に収束するには、式(1)の右辺がゼロになる必要がある。河口以外では $q_n=0$ となるため、次式で与えられる Q_x $Q_x = \frac{1}{2} \alpha W_b \sin 2\theta_b - \alpha W_b \cos 2\theta_b \frac{\partial \theta_b}{\partial x}$ が沿岸方向にゼロあるいは一定値となることが安定形状実現の条件となる。図-5は、図-3の天竜川の条件で計算した場合の Q_x の沿岸方向分布の変化を示したものであり、

図-6は河口から一定距離の各点における Q_x の時間変化を示したものである。

図-5 Q_x の沿岸方向分布の変化

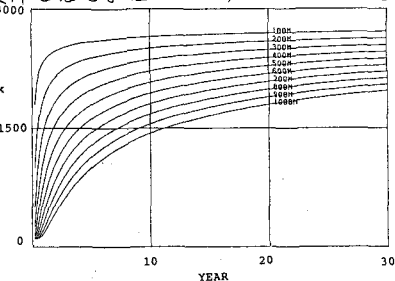
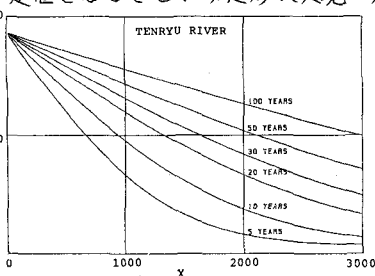


図-6 Q_x の時間変化

る。 Q_x の定常性は河口から順次達成されるが、一様性は達成されず、デルタ形状は比較的早い段階で漂砂条件などに対応した一定の形状に収束し、その後は相似的变化を続ける。このように、一定の流出土砂が存在し、それが沿岸漂砂に寄与する限り、静的な意味での安定形状は存在しないことがわかる。

5. 結 語 紙数の都合で解析的モデルの有用性についての考察については割愛したが、相似形としての安定形状は存在し、この予測に対してはここで示したモデルが有効であることを示すことは出来た。

参考文献

- 1) Komar, P.D. : Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and longshore transport, Geo. Soc. Am. Bull., Vol. 84, pp. 2217-2227, 1973.