

岐阜大学工学部 正会員 安田 孝志
岐阜大学工学部 学生員 ○中谷 剛

1. 結 言

本研究では、築砂の連続式を一次元的に取扱い河口部周辺の堆積変形モデルを解析解の形で提案し、来襲波浪の入射角、河口幅及び流出土砂量の時間的変化を考慮した場合の変形特性の究明を試みる。

2. 堆積変形の基礎方程式

ここでは、堆積変形を解析解によって一次元的に取扱う立場から、次の仮定の下で河口デルタの変形を扱う。i) 堆積の断面形状は不変。ii) 移動限界水深は不変。iii) 岸沖方向築砂は無視する。iv) 糸築砂は無視する。これらの仮定を図-1のように定めた座標系に対して与えられる一般的な堆積変形の基礎式¹⁾に適用すれば、次式が得られる。

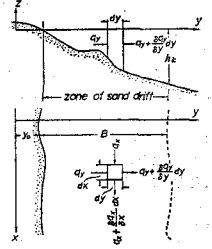


図-1 座標系の説明

$$\partial \eta_0 / \partial t = -\left\{ 1 / (1-\lambda) \bar{r}_0 \right\} (\partial Q_x / \partial \theta) \partial \eta_0 / \partial x + \left\{ 1 / (1-\lambda) \bar{r}_0 \right\} q_y(y) \quad (1)$$

ここに、 η_0 ；基準点から汀線までの距離、 λ ；底質の空隙率、 $\bar{r}_0$ ；移動限界水深、 Q_x ；沿岸築砂量、および q_y ；河口からの単位幅当りの流出土砂量である。このときの初期および境界条件はそれぞれ次式で表わされる。

$$t = 0 ; \eta_0 = f(x), \quad x \rightarrow \pm \infty ; \eta_0 \rightarrow 0 \quad (2)$$

3. 河口デルタの変形予測モデル

1) 河口幅の影響を考慮した場合 まず、河口からの土砂流出が指数分布をし、 q_y が次式で表わされる場合の予測モデルを示す。

$$q_y(x) = \left\{ 8 Q_R / B \sqrt{\pi} \right\} \exp \left\{ -(8x / B)^2 \right\} \quad (3)$$

ここに、 B ；河口幅、および Q_R ；河口からの単位時間当りの流出土砂量である。これより $f(x) = 0$ としたときの式(1)の解、すなわちこのときの予測モデルは次式の無次元表示で与えられる。

$$\eta_0^*(x^*, t^*) = \left\{ Q_R^* / 2\sqrt{\pi}(1-\lambda) \right\} \left\{ -(B^*/8) \exp \left\{ -(8x^*/B^*)^2 \right\} + \sqrt{4t^* + (B^*/8)^2} \exp \left\{ -x^{*2} / 4t^* + (B^*/8)^2 \right\} - |x^*| \sqrt{\pi} \operatorname{erf} (8|x^*| / B^*) - \operatorname{erf} \left\{ |x^*| / \sqrt{4t^* + (B^*/8)^2} \right\} \right\} \quad (4)$$

ここに、 $\eta_0^* = \eta_0 / \bar{r}_0$ 、 $x^* = x / \bar{r}_0$ 、 $t^* = \{ t / (1-\lambda) \bar{r}_0^3 \} \partial Q_x / \partial \theta$ 、 $Q_R^* = Q_R (1-\lambda) / (\partial Q_x / \partial \theta)$ 、 $B^* = B / \bar{r}_0$ 、である。

ついで、河口からの土砂流出が一様分布をし、 q_y が次式で表わされる場合の予測モデルを示す。

$$q_y(x) = Q_R / B \quad ; \quad -B/2 \leq x \leq B/2, \quad q_y(x) = 0 \quad ; \quad |x| > B/2 \quad (5)$$

同様に、 $f(x) = 0$ とすれば、求める予測モデルは式(1)の解として次式で与えられる。

$$\eta_0^*(x^*, t^*) = \left\{ Q_R^* / 2(1-\lambda) B^* \right\} \int_0^{t^*} \left\{ \operatorname{erf} \left\{ (x^* + B^*/2) / \sqrt{4(t^* - \tau)} \right\} - \operatorname{erf} \left\{ (x^* - B^*/2) / \sqrt{4(t^* - \tau)} \right\} \right\} d\tau \quad (6)$$

2) 河口からの流出土砂量の時間的変化を考慮した場合 まず、 q_y が次式によって連続的に変化する場合の予測モデルを示す。

$$q_y = \left\{ (Q_R)_1 / 2 \right\} \left\{ \operatorname{erf} (t - T) + \left\{ (Q_R)_2 / (Q_R)_1 \right\} \left\{ \operatorname{erf} (t - T) + 1 \right\} \right\} \delta(x) \quad (7)$$

ここに、 $(Q_R)_1$ ； $t < T$ における流出土砂量、 $(Q_R)_2$ ； $t > T$ における流出土砂量、および $\delta(x)$ は Dirac

のデルタ関数であり、 $f(x)=0$ としたときの式(1)の解は次式で与えられる。

$$y_0(x, t) = \{ (Q_0^*) / (4\sqrt{\pi}(1-\lambda)) \} \int_0^{t^*} (t^* - \tau)^{-\frac{1}{2}} \exp\{-x^2/4(t^* - \tau)\} \left[\operatorname{erfc}(\tau - T^*) + \{ (Q_0^*) / (Q_0^*) \} \operatorname{erf}(\tau - T^*) + 1 \right] d\tau \quad (8)$$

ついで、流出土砂量が $t = T$ で不連続に変化する場合を扱う。このとき、 $y_0, f(x)$ は次式となる。

$$f(x) = \{ (Q_0^*) / (1-\lambda) \} \left\{ (1-\lambda) T / \sqrt{\pi} (Q_0^*) \right\}^{-\frac{1}{2}} \exp\{-(1-\lambda) x^2 / 4t Q_0^* / \sqrt{\pi}\} - \{ (1-\lambda) x^2 / 2 Q_0^* / \sqrt{\pi} \} \operatorname{erfc}\{x / \sqrt{4t(Q_0^*) / (1-\lambda)}\} \quad (9)$$

$$y_0 = (Q_0^*) \delta(x) \quad (10)$$

これより、式(1)の解は次式で与えられる。

$$y_0(x, t) = \{ (Q_0^*) / (1-\lambda) \sqrt{4\pi t^*} \} \left\{ \int_0^{t^*} \sqrt{\tau} \exp(-x^2/4t^*) - (x^2/2) \operatorname{erfc}\{x / \sqrt{4t^*}\} \exp\{-(x^2 - x^2)/4t^*\} \right\} d\tau + \{ (Q_0^*) / (1-\lambda) \} \left\{ \sqrt{t^*} \exp(-x^2/4t^*) - (x^2/2) \operatorname{erfc}\{x / \sqrt{4t^*}\} \right\} \quad (11)$$

3) 来襲波浪の入射角のデルタの形状に対する影響を考慮した場合 デルタの形状に対する入射角の直接的影響を評価するため、点流出の場合の歪み変形の基礎式として式(1)に代わり次式を用いる。

$$Q_0^* / \sqrt{\pi} - \{ 1 / (1-\lambda) \} \left\{ (Q_0^*) / \sqrt{\pi} - (Q_0^*) / \sqrt{\pi} \right\} \{ Q_0^* / \sqrt{\pi} \} \{ Q_0^* / \sqrt{\pi} \} + Q_0^* \delta(x) / (1-\lambda) \quad (12)$$

上式は非線形項を含むため、線形化した式の解を予測モデルとして用いることにすれば、それは次式で与えられる。

$$y_0(x, t) = \{ Q_0^* / (1-\lambda) \} \left\{ \sqrt{\pi} \exp(-x^2/4t^*) - (x^2/2) \operatorname{erfc}\{x / \sqrt{4t^*}\} \right\} \quad (13)$$

$$\beta = 1 + 2 \{ Q_0^* / (1-\lambda) \} \tan 2\theta_0 \left\{ (x^2/\pi t^*) \exp(-x^2/4t^*) - \operatorname{erfc}\{x / \sqrt{4t^*}\} + (x^2/\sqrt{\pi t^*}) \exp(-x^2/4t^*) \right\} \quad (14)$$

ここに、 θ_0 ；来襲波浪の入射角である。

4. 予測モデルによる河口デルタの変形特性

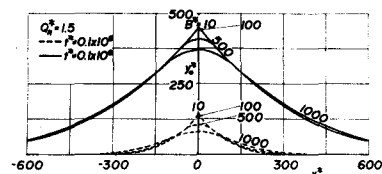


図-2 河口デルタに及ぼす河口幅の影響
【式(4)による場合】

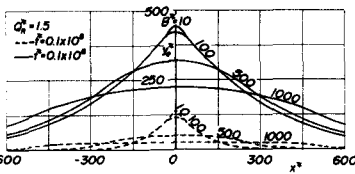


図-3 河口デルタに及ぼす河口幅の影響
【式(6)による場合】

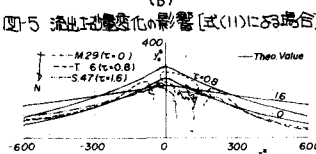
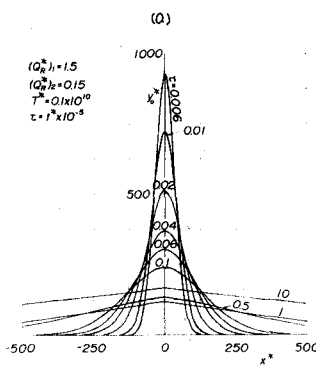
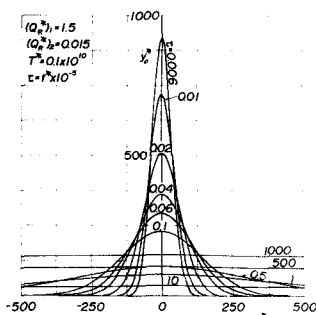


図-6 河口デルタの形状に及ぼす入射角の影響

紙面の関

係上、考

は講義時

に述べる。

5. 結語

以上、解

析解の形

で表わさ

れる。

河口デル

タの予測

モデルを

提案し、

それらに

よる河口

デルタの

変形特性

を明らか

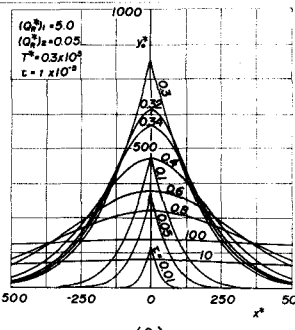


図-4 流出土砂量変化の影響【式(8)による場合】

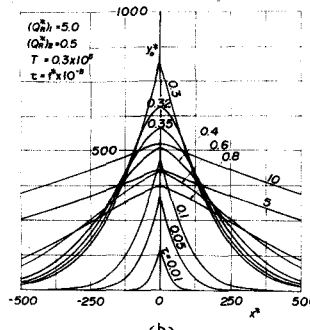


図-5 流出土砂量変化の影響【式(11)による場合】

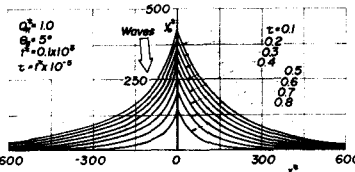


図-6 河口デルタの形状に及ぼす入射角の影響

参考文献：1) 土屋義人, 安田孝志：海床変形の簡単なモデル，オ25回海講演集，pp. 189-193, 1978。