

大阪大学大学院 学生員○千 受京

大阪大学大学院 小柳桂泉

大阪大学大学院 石川裕夏

大阪大学工学部 正員 出口一郎

1. はじめに；河川改修、ダム建設あるいは建設材料としての砂利採取が進められた結果、河川と海域での土砂収支のバランスが崩れて、河川と海のinterfaceである河口を通して海域へ供給される土砂が減少して海岸侵食が加速されてきた。一方、河口部における土砂は常に移動しながら様々な河口地形を形成し、場合によっては河口が閉塞されたり、航路が埋没して社会・経済的な問題を引き起こす。したがって、河川から河口を経て海域に及ぶ全体的な土砂維持・管理が必要となり、そのためには土砂移動の外力としての河川流出、波、流れ及びこれらによる地形変化に対する定量的な評価が不可欠であり、その評価を行うためには河口が果たす役割を十分に把握しなければならない。そこで、本研究では、その第一段階として、現地河口地形の様々な形状の中で、例えば由良川あるいは雄物川に見られる河口砂州が波によってどう形成されるかを研究した。従来のOne-line theoryを拡張して、湾曲部と直線部を有する初期河口地形から河口砂州が形成される過程を予測可能な数値モデル及び平面水槽を用いた移動床模型実験を行い、波によって形成される河口地形の特徴について検討した。

2. One-line theoryによる河口砂州形成過程の数値モデル；従来多用されてきたOne-line theoryは主に直線的な海岸線を有する海浜変形予測に用いられ、汀線が湾曲している河口砂州地形のような場合はその効力を発揮することができなかった。そこで、本研究では従来の欠点を補った拡張モデル(宇多、1982)を使用する。図-1のような座標系でまず最初に固定した直角座標(x,y)を決める。ここで、x軸は岸沖方向、y軸は汀線方向である。次に、汀線上の任意の点Pにおいて、法線方向にx'軸、この接線方向にy'をとる。接線方向の漂砂量を q_y 、また、x'方向に測った汀線位置の変化量を x_n とする。

基礎式は次のようである。

$$\frac{\partial q_{y,n}}{\partial y} - h \frac{\partial x_n}{\partial t} = 0 \quad (1) \quad \beta = \tan^{-1} \left(\frac{\partial x}{\partial y} \right)_n \quad (2) \quad q_n = \frac{1}{2} F_n \sin 2\alpha_{b,n} \quad (3) \quad F_n = f \frac{W}{8} (H^2 C_g)_{b,n} \quad (4)$$

$$\alpha_{b,n} = \beta_{b,n} - \theta_{b,n} \quad (5) \quad \Delta x_n = \Delta x_n \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} + \beta \right) \quad (6) \quad \Delta y_n = \Delta x_n \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} + \beta \right) \quad (7)$$

ここで、hは地形代表深さ、 β は汀線の傾き、 α_b 、 θ_b は各々砕波点における入射角、砕波波向、fはSavage係数である。点Pが接線と直角方向に移動し、点P'へ移動した場合を考えると固定座標から見た汀線位置の変化量($\Delta x_n, \Delta y_n$)は(6),(7)式になる。

したがって、移動後の点Pの位置は($x_n + \Delta x_n$)、

($y_n + \Delta y_n$)と決まる。(1)~(7)式を無次元化して

差分法を用いた数値解を求めていく。

なお、波変形の計算は波数保存則、及びEnergy Fluxの保存則に基づいて解析した。

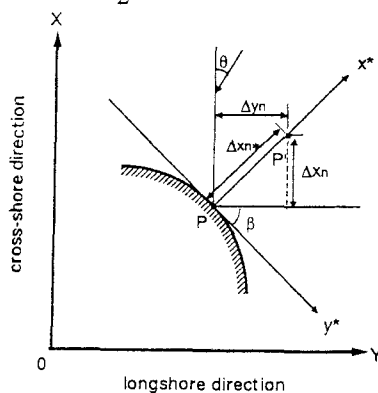


図-1 座標系と座標点移動の定義

3. 河口砂州形成過程の水理模型実験；図-2のような

平面水槽(10m×15m)を用いて固定床及び移動床実験を行った。波変形の実験で波高の測定は一様勾配海浜上2箇所、河道中央及びその両河岸で10-20cm間隔で測定した。実験波は $H_0 = 4.2\text{cm}$ 、 $T=1.2\text{sec}$ 、 $\theta_0=210^\circ$ 、河口水深 $h_r=6\text{cm}$ である。移動床の実験は固定床と同じ波で図-2の3m×5mの範囲に厚さ6cmで $d_{50}=0.05\text{cm}$ の砂を敷いた。河口円弧部の曲率半径 r_c は50cmで、造波後10分、30分毎に海浜、河道の7箇所で5~10cm間隔に連続式砂面計を用いて断面形状を測定した。また、汀線位置の移動を造波後砂州が形成される部分を特に細かい間隔で測定し、下手側の境界から出た土砂量を測定し、Savage係数を決定した。測定した海水断面積の変化量 ΔA と汀線位置変化量 Δl の間には図-3のような $\Delta A = -8.0\Delta l$ の相関が成立しOne-line theoryが適用可能であることが分かった。

4. 数値計算と実験結果による河口砂州地形の特徴

図-4は初期汀線、10分後、30分後の汀線変化量の計算値及び実験値を示す。まず、実験では10分後に河口右岸と左岸の海浜部は侵食され、30分後には河道の右側から左側に向かって砂が堆積し、砂州が形成された。その砂州は30分後には河道の中央まで達した。一方、計算結果は左岸側では河道内の同じ位置で砂州が形成された。しかし、河道右岸の砂州については実験で見られるような突出した砂州は計算されず、その空間的な変動量も実験値より小さい。このような違いの理由はOne-line theoryの拡張モデルが曲線部地形を有する地形の変動に適用可能な限界があるためと考えられる。その評価のため、円弧部の曲率半径を1mに変えて再計算した。図-5はその結果を示す。図-4に示す計算結果と比較して曲率半径が大きいほど砂州の形成・発達する向きが河道中央へ向かっていく傾向が見られるが、まだ、砂州が突出する様子を再現するには至っていない。今後、この原因を明らかにすると同時に現地河口地形に適用可能なモデルの開発を行っていく予定である。

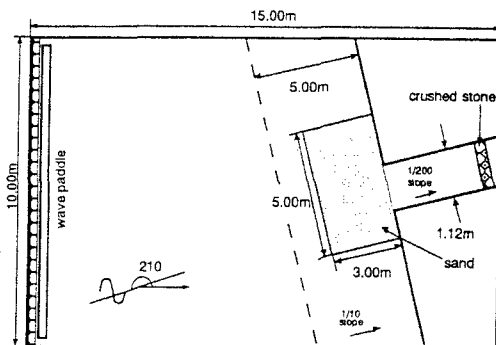


図-2 実験装置

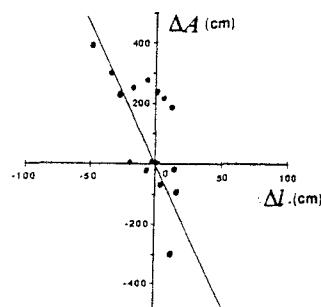
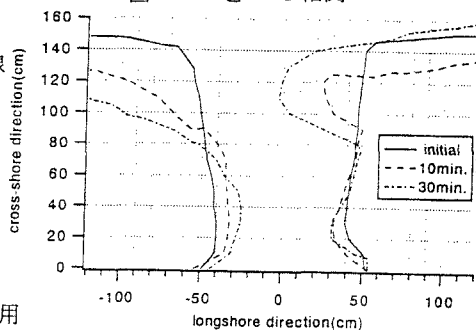
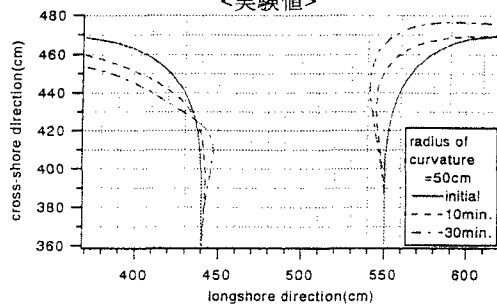


図-3 ΔA と Δl の相関



<実験値>



<計算値>

図-4 汀線変化の計算値と実験値

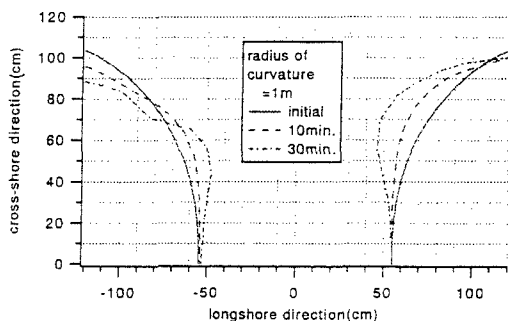


図-5 $r_c=1\text{m}$ の時の汀線変化計算値