

固定歪み砂漣の最適形状に関する研究
— 砂漣周辺の流れ場計算の再現性 —

九州大学大学院工学研究科 学生員 ○桃寄 真悟
 正会員 小野 信幸 入江 功
 九州大学工学部 学生員 横田 雅紀

1. はじめに

わが国は四方を海で囲まれており、海岸は生活、生産、レクリエーション活動等のため極めて貴重な空間である。しかし近年、河川からの排出土砂の減少などに起因する全国的な海岸侵食が問題となっており、また将来的には地球温暖化に伴う海面上昇によりさらに深刻化することが懸念されている。

著者らは海岸侵食問題に対処する一手法として海底に固定歪み砂漣(以下、歪み砂漣)を敷き詰め、漂砂を制御する方法について検討してきた。その原理は図-1に示すように砂漣の峰の両側に強度の異なる渦を発生させ、底層流を岸向きに制御する。しかし、その制御能は歪み砂漣の断面形状が僅かに異なるだけでも大きく変化し、形状によっては意図しない方向に流れを生じさせる場合もあるため(武若ら,1998)、その最適な形状については十分な検討が必要と考えられる。

本研究では、有限要素法を用いて歪み砂漣上の流れ場の数値解析を試みた。領域形状を自在に変形できるという本法の特性を利用し、砂漣断面形状を変化させ、底層流の制御効果が最も高まる形状を探ることを目的とした。

2. 支配方程式

流れ場の計算は2次元波動場を対象にし、流れ関数-渦度法を採用した。支配方程式であるポアソン方程式および渦度方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nabla^2 \{(\nu + \nu_t)\omega\} \quad (2)$$

ここで、 ψ は流れ関数、 ω は渦度、 ν は動粘性係数、 ν_t は渦動粘性係数であり、 $\nabla^2 = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$ である。乱流場における Reynolds 応力は Prandtl の混合距離により取り扱えるものとして、渦動粘性

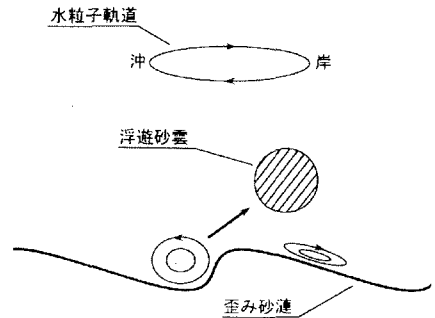


図-1 歪み砂漣上の底質移動

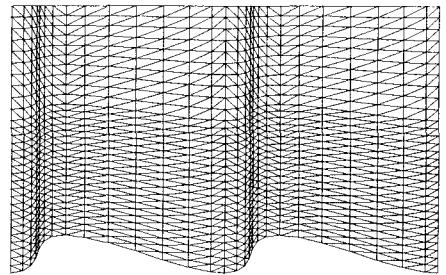


図-2 計算メッシュ

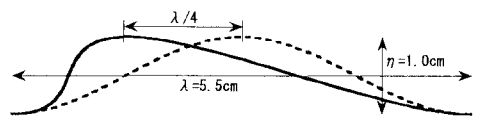


図-3 歪み砂漣の形状

係数 ν_t を次式で評価した。

$$\nu_t = C(\kappa l)^2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \frac{\partial u}{\partial y} \right]^{1/2} \quad (3)$$

$\kappa=0.4$ は Karman 定数、 l は底面からの距離、 C は調整パラメータで、本研究では0.35を与えた。

3. 計算方法

式(1),(2)を滝川らと同様の方法で有限要素法により離散化し、計算を行った。図-2に三角形要素を有限要素としたメッシュ図を示す。歪み砂漣の急斜面上で格子が密になるように調整した。

境界条件については波動場での解析を行うため、上部および側方境界は Dean の流れ関数理論および一次元乱流解により求め、下部境界は $\psi=0$ とし、 ω は Thom のスキームで与えた。

計算領域は水平方向に砂漣 11 波長分とし、以下に示す計算結果はその中央部付近のデータである。計算ステップは周期の 1/500 とし、定常解が得られるまで繰り返し計算を行った。

砂漣形状は波長 5.5cm、波高 1.0cm で、図-3 の点線で示すような正弦波形の頂部を水平方向に $\lambda/4$ 歪ませたものを基本形状とし、その歪みを変化させた場合を計算した。この波長および波高は、粒径 0.16mm の砂からなる移動床(水深 29cm)に周期 1.5s、波高 8.0cm の規則波を作用させた時に形成された砂漣と同一である。

4. 計算結果

以下に示す計算結果は砂漣頂部上水深 29cm で、周期 1.5s、波高 8.0cm の正弦波を入力したものである。図-4 には流れが沖向き位相の場合に砂漣頂部の沖側斜面に渦が形成される様子を示し、図-5 には流れが岸向き位相の場合に形成される渦について、それぞれ右側に実験結果から読み取った流れのパターンと併せて示した。実験結果は水槽内にメラミン粉末(比重 1.5)を投入して高速ビデオカメラで撮影したビデオ画像から渦の形成状況を読み取ったものである。右上の図は水粒子軌道の位相図であり、計算と実験の位相は図中の上層の流速ベクトルから判断して合わせた。図-4 の各位相における渦はその規模や形成位置に関して非常に類似している。ただし、位相②、③における計算結果の渦は、実験結果と同じ位置の渦よりも 1 波長沖側の渦の方がその中心位置がよく一致しているようであった。一方、図-5 の位相④に関しては、実験では目立った渦が発生していないのに対し、計算では砂漣波高の 2 倍程度の渦が形成されていた。このため計算では渦の非対称性の効果が実験に比べ小さい。その結果、底層部に生じる定常流も小さく算定されていた。この違いを修正するために、砂漣頂部の岸側の三角形要素のサイズを小さくすることや、渦動粘性係数評価時の調整係数を変更する等の検討を加えたが、図-5 の渦が生じる理由については今のところ不明である。

5. おわりに

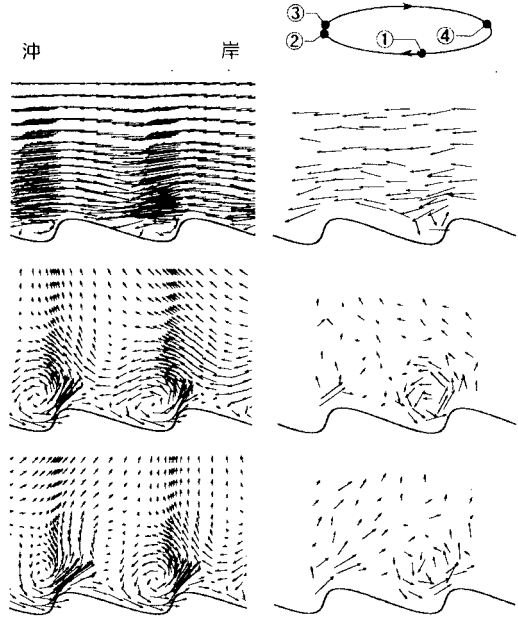


図-4 砂漣頂部沖側剥离渦の比較
(左:計算, 右:実験 位相は上から①, ②, ③)

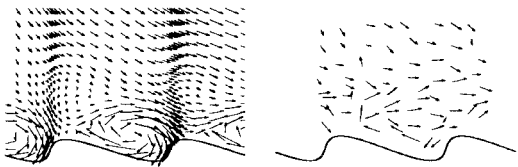


図-5 砂漣頂部岸側剥离渦の比較(位相④)

本計算法によって、歪み砂漣の峰の沖側に形成される渦については、ある程度解析できることがわかった。今後は流れの岸向き、沖向き位相における渦発生条件の相違について、渦動粘性係数の評価法などを再検討した上で、さまざまなケースの解析を行い、波・砂漣の非対称度の効果について考察を試みる予定である。

【謝辞】本研究で用いたプログラムは、熊本大学工学部環境システム工学科滝川清教授のゼロからの御指導によるものである。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- i) 武若聡ら(1998): 歪み固定砂漣による岸沖漂砂の制御とその最適寸法・形状に関する検討, 海岸工学論文集, 第 45 巻, 506-510
- ii) 滝川清ら(1991): 砂漣形成過程における底面境界層の解析, 海岸工学論文集, 第 38 巻, 1-5