

歪み固定砂れんの漂砂制御効果に関する研究 —主に流速波形の非対称性と砂れんの形状に着目して—

九州大学大学院工学研究科
九州大学大学院工学研究科
筑波大学構造工学系

学生員 ○坂本寛和
正会員 入江 功 小野信幸
正会員 武若 聡

1. 研究の目的

著者らは、海岸侵食問題に対処する一つの方法として、海底に歪み固定砂れん(以下、歪み砂れん)を敷き詰め、岸沖漂砂を制御することを提案している。歪み砂れん上では、波が通過するときに砂れん頂部の岸側と沖側に強度の異なる渦が形成されるため、底層部に一方向流れが発生し、底質が岸向きに輸送される。1), 2), 3)

本研究では、数値計算により歪み砂れん及び歪みなし砂れん上の流れ場を求めた。また、浅海域で見られるような上下及び前後に歪んだ流速波形を入力した場合に砂れん上の流れ場に及ぼす影響を調べた。

2. 数値計算

2.1 基礎式および境界条件

計算は二次元振動流場を対象にし、基礎式には流れ関数一渦度法を採用した。流れ関数に関するポアソン方程式、渦度輸送方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \omega \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nabla^2 \{(\nu + \nu_t) \omega\} \quad (3.2)$$

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、 ∇^2 : ラプラシアン
 $u = \partial \psi / \partial y$, $-v = \partial \psi / \partial x$, $\omega = \partial u / \partial y - \partial v / \partial x$ である。
乱流場における Reynolds 応力は Prandtl の混合距離理論(0 方程式モデル)で取り扱えるものとして次式で評価した。

$$\nu_t = C(\kappa l)^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right| \quad (3.3)$$

ここで、 $\kappa = 0.4$ はカルマン定数、 l は底面からの距離を示し、調整パラメータ C には0.35を与えた。

以上の方程式を砂れん形状を表す直交曲線座標系へ座標変換し、砂れん上の空間の計算をおこなった。

上部境界ではポテンシャル流れを仮定して $\omega = 0$ とした。また側方境界では周期境界条件を課した。

2.2 計算の入力条件

(1) 歪み砂れんの形状

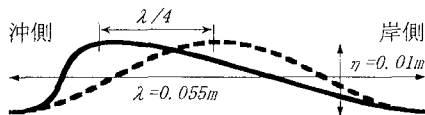


図-1 歪み固定砂れんの形状

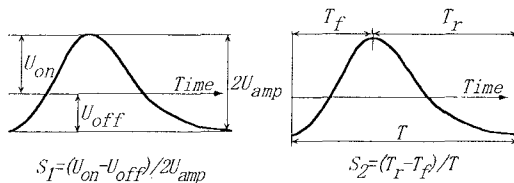


図-2 流速波形の上下非対称 S_1 、前後非対称 S_2 の定義

歪み砂れんの形状は、粒径 $d = 0.16\text{mm}$ の砂からなる移動床(水深 $h = 0.29\text{m}$)に周期 $T = 1.5\text{s}$ 、波高 $H = 0.08\text{m}$ の規則波を作用させた時に形成される砂れんを正弦波形($\lambda = 0.055\text{m}$, $\eta = 0.01\text{m}$)で模し、砂れん頂部を沖側に $\lambda/4$ 歪ませたものである。(図-1 参照)数値計算では、図に示す2種類の砂れんを対象とした。

(2) 流速波形

上部境界で与える流速変動には、過去におこなった実験の条件(水深 29cm, 波高 5~9cm, 周期 1~2s)で生じた流速振幅をもとにして定めた。図-2に示すような波形の非対称性は、上下非対称を持つ波形として Stokes 波の第2近似解を用い、前後非対称を持つ波形として正弦波形を任意に歪ませることで表現した。ここで用いた波形は全て一周期積分をとるとゼロになるものである。

3. 計算結果の考察

(1) 計算結果の検証

図-3は歪み砂れんに正弦波形(微小振幅波)を与えて計算し、砂れん頂部上の一周期平均流速を底面から砂れん波高の3倍の高さ(3η)まで積算した流量 Q_3 について実験結果と比較したものである。横軸は、微小振幅波理論から求めた砂れん頂部上における水粒子の軌道径 d_0 を砂れんの波長 λ で除したものである。流量のオーダーは異なっているが、 Q_3 のピーク値が現れる d_0/λ の値など変化傾向は類似している。これは強度の異なる剥離渦が歪み砂れん

の頂部より発生し、これが底層の流れに影響を与えるといった基本的な事項が再現されているためである。このことは、歪み砂れん上の流れを高速ビデオカメラにより撮影した画像から位相毎の流れのパターンを読み取り、計算結果と比較した際にも確認された。以上のことより、以下に説明するような非対称な流速波形の入力に対する底層流の変化傾向の特性を調べることは可能であると判断した。

(2) 波形の非対称性の影響

図-4(a), (b)は歪みなし砂れんに対してストークス波、前傾波を作用させ、砂れん頂部上における平均流速の鉛直分布を求めたものの一例で入力波形も合わせて表示している。流速波形の違いにより定常流は大きく異なる。これは、砂れん頂部沖側・岸側での渦の発生形態が異なるためである。図-5(a), (b)は歪みなし砂れんと歪み砂れんについて、流速波形の上下非対称 S_1 及び前後非対称 S_2 により流れ場がどのように変化するか調べたものである。 S_1 , S_2 の増加とともに流れは冲向きに強まっている。これは S_1 , S_2 が増加するにしたがって、砂れん頂部岸側での剥離渦が拡大するためである。

(3) 砂れん形状の影響

図-5 より、歪み砂れん上の流れは歪みなし砂れんに比べ、全ケースを通じて岸向きにシフトしている。歪み砂れんでは砂れん頂部沖側の形状が急峻であり、より大きな剥離渦が生じていたためである。

5. まとめ

歪み砂れん上の数値計算により、実験で観察される剥離渦等の現象、定常流の発達傾向などを再現した。さらに流速波形の非対称性や砂れんの形状を変えて計算をおこない、これらが砂れん上に発生する渦の発生形態に大きく関わり、異なる定常流を形成する要因であることを明らかにした。今後は砂れんの歪みをいくつか変えて計算をおこない、流れ場への影響を詳細に検討していきたい。

【参考文献】

- 1) 入江ら(1992)：歪み砂れんマットによる底層流制御とその応用、海岸工学論文集、第39巻、pp. 476-480
- 2) 入江ら(1993)：歪み砂れんマットによる沖浜帯の岸沖漂砂の制御、海岸工学論文集、第40巻、pp. 561-565
- 3) 武若ら(1998)：歪み固定砂れん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(1)、pp. 506-510

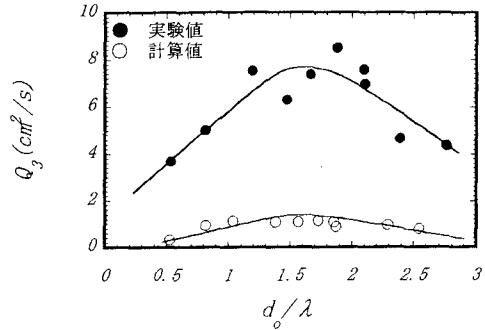


図-3 流量の比較

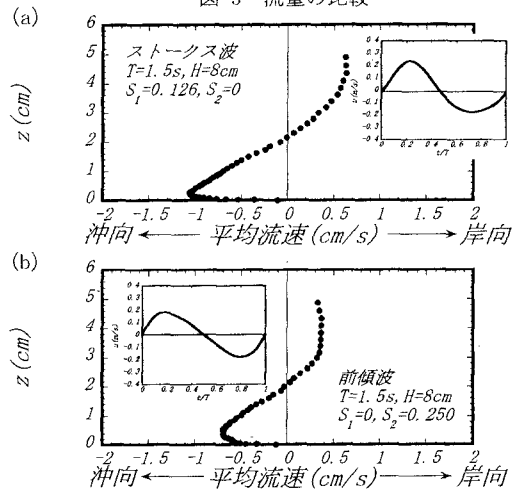


図-4 一周期平均流速の計算結果の一例

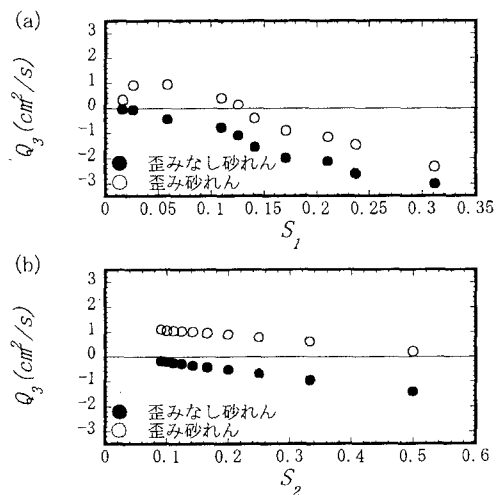


図-5 流速波形の非対称性や砂れん形状による流れ場の変化：(a) S_1 に対する流れ場の変化、(b) S_2 に対する流れ場の変化 ($T=1.5s$, $H=8cm$)