

1 はじめに

筆者らは海岸侵食防止工法の一つとして、繊維部に比較的剛性の高い材料を用いた硬質型人工海藻工法を提案し、水槽実験によってその高い侵食防止効果を確認している。しかし、未だその漂砂制御機構が十分に解明されていない。本研究はその解明の基礎となる人工海藻周辺での流況を解明することを目的として人工海藻を剛な鉛直透過板列とみなし、その周辺の鉛直2次元流れの数値解析を行った。鉛直透過板周辺の流況を数値解析する場合の問題点として、(i) 境界形状が極端に変化する場所では剝離を伴う流れが生じ、レイノルズ応力の評価が難しい、(ii) 鉛直板の透過性をどのように表現するか、などが挙げられる。

ここでは、(i) については数値解析手法として高次の乱流モデルである $k-\varepsilon$ モデルを、(ii) については柳山ら¹⁾ が応用したポーラスボディモデル²⁾ を適用し、それらを併用した数値解析手法により鉛直透過板近傍の流れ解析を試みた。

2 数値解析手法

ポーラスボディモデルとは、ポーラスボディ中の流体に対して透過性コントロールボリュームに占める正味の流体について連続の式およびレイノルズ方程式を立て、流体に及ぼす固体の反力を等価分布抵抗としてモリソン型で表現する手法である。流体場全域における乱流モデルとしては標準型 $k-\varepsilon$ モデルを導入し、レイノルズ応力を求める。

境界条件として、流速については底面において Non Slip 条件、側方では $h = 50\text{cm}$, $T = 1.79\text{s}$, $H = 8.9\text{cm}$ のストークス波第2近似解の水平成分を与え、振動流的取扱いをした。水面は本来自由表面として取り扱うべきであるが、ここでは底面付近の流れの把握を目的としているため、水平方向流速には Slip 条件、鉛直方向流速は0として取り扱った。壁面での k および ε の境界条件については標準型 $k-\varepsilon$ 乱流モデルで用いられている壁関数法を底面で適用した。側方境界については k および ε の水平方向の勾配が0であるとした。

3 計算結果

以上の数値解析モデルの妥当性を検討するため、不透過板(透過率1%)および透過板(透過率50%)を一枚設置した場合の板から岸側へ5cmの位置における鉛直線上の水平流速の実験値と計算値を比較した(図-1および図-2)。以後の議論では、底面から鉛直板上端までの領域を内部領域、それ以上の領域を外部領域と呼ぶ。

図-1(a)に示す不透過板設置時の実験結果を見ると、(i) 内部領域での水粒子速度は外部領域での水粒子速度に比べて位相が進む、(ii) 外部領域の人工海藻よりやや上方の $z = -35\text{cm}$ 付近で水粒子速度の時間波形が岸向きに歪む、(iii) 外部領域とは逆に内部領域では水粒子速度の時間波形が沖向きに歪む、等の特徴が見られた。このような特徴は、鉛直板上端部より発生する剝離渦によって生ずるものと考えられる。

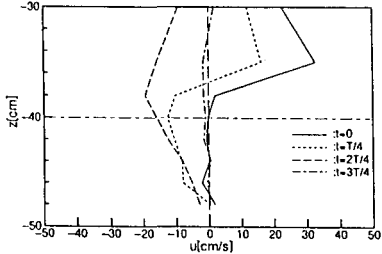
計算値(図-1(b))では、波の時間位相毎の水平水粒子速度の変化は良く再現されているが、水粒子速度の最大値、最小値はやや大きめに計算されている。透過板設置時(図-2)にはさらにこの傾向が強くなっていることから判断して、鉛直板の流体抵抗項をさらに検討する必要があると言える。

次に、鉛直板設置帯を波が進行することによる水平水粒子速度の変化を調べるため、鉛直板を10枚設置した条件で計算を行い、その結果を図-3および図-4に示した。図-3は鉛直板が不透過(透過率1%)の場合、図-4は鉛直板が50%の透過率を持つ場合で、細線で示したのが設置帯沖側端部、太線で示したのが設置帯中央部における鉛直分布を表し、何れも板から岸側へ5cmの位置における値である。

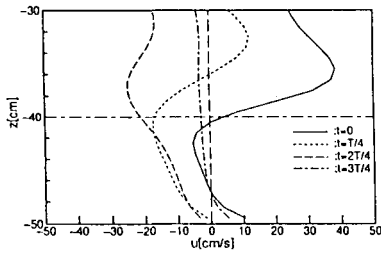
これらの図によると、 $z = -37\text{cm}$ 付近に流速の時間波形が沖側と岸側に膨らむ増速流域が形成されていることがわかる。これは鉛直板列が流れの中に存在する矩形の透過性の低い物体としてふるまい、通過できない流体質量が鉛直板列上方に集中するために発生する。この増速流域での水粒子速度の絶対値は、設置帯沖側端

部での値に対して設置帯中央部で減少している。内部領域での水平水粒子速度は、不透過板列の場合(図-3)はほぼ0であるが、透過率50%の場合(図-4)は外部領域よりも小さいある程度の値を持つ。

さらに、渦動粘性係数 ν_t の等値線図を図-5および図-6に示す。鉛直板を1枚設置した場合の計算では ν_t は鉛直板上端で最大となり同心円状に広がるが、鉛直板列の計算では鉛直板列中央で最大となり周辺に広がる形となる。不透過板設置時の ν_t は透過板設置時に比較して2~3倍程度の大きさとなった。

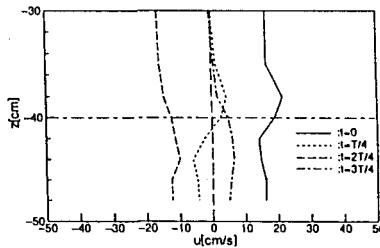


(a) 実験値

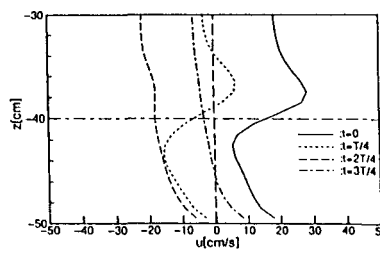


(b) 計算値

図-1 水平水粒子速度の鉛直分布 (不透過板)



(a) 実験値



(b) 計算値

図-2 水平水粒子速度の鉛直分布 (透過板)

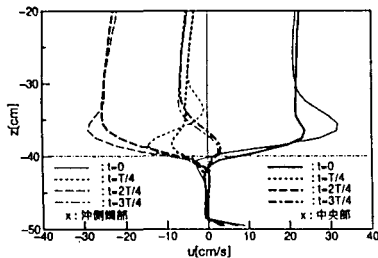


図-3 水平水粒子速度の比較 (不透過板)

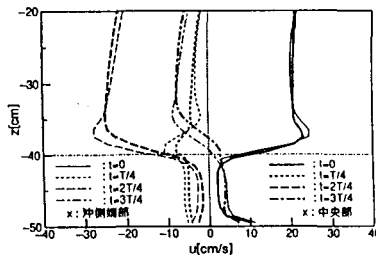


図-4 水平水粒子速度の比較 (透過板)

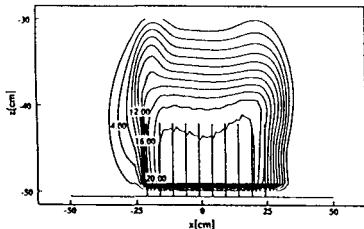


図-5 ν_t [cm²/s²] の等値線図 (不透過板)

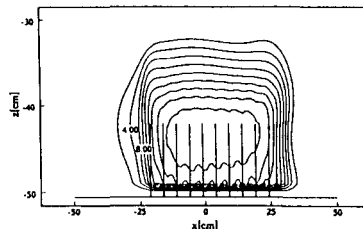


図-6 ν_t [cm²/s²] の等値線図 (透過板)

4 まとめ

本数値解析モデルにより鉛直板を一枚設置した場合の計算を行い実験値と比較した結果、水平水粒子速度鉛直分布の位相変化に関して両者は比較的良く一致した。しかし水平水粒子速度をやや過大に計算する傾向があり、これは運動方程式中の流体抵抗項が大きめに評価されたためと考えられる。

また、鉛直板を多数設置したときの計算結果より、鉛直板列による流速の減少や渦動粘性係数の分布を計算できることがわかった。今後はより厳密な境界条件のもとで透過率、設置枚数などのパラメータを変えて計算を行う予定である。

参考文献

- 1) 榊山勉・鹿島遼一(1992): ポーラスボディモデルによる透過性防波堤周辺の波動解析手法の開発, 電力中央研究所報告(U91048).
- 2) W.T.Sha, H.M.Domanus, R.C.Schmitt, J.J.Oras, and E.I.H.Lin: A three dimensional transient single-phase component computer program for thermal hydraulic analysis, Argonne National Laboratory, NUREG / CR-0785, ANL-77-96.