

構造物の存在による底面流速の変化

八戸高専 学生会員 ○西山 晃平
八戸高専 正会員 南 将人

1. はじめに

海岸侵食からの保全あるいは堆砂効果促進を目的とした海岸保全施設として、離岸堤や人工リーフが現在用いられている。離岸堤や人工リーフの長さ、開口幅、離岸距離などをどのように設計すべきかについては、未解明な点が多い。

本研究は、それら保全施設設置後の汀線変化を予測する為に必要な水位と底面流速を拡張型の強非線形 Boussinesq 方程式で求める事を目的とした。さらに、保全施設周辺の波高と平均底面流速を構造物の有無で比較し検討した。

2. 対象地点

対象地点は日本側のある海岸で、この海岸は古くから海岸侵食を受けてきた。砂浜が少しずつ削り取られ、海岸線が住宅地や田畑まで達する等、侵食被害も相次ぎ、昭和 30 年代に災害復旧事業として直立堤防を施工した。その後、さらに抜本的な対策に取り組む為、昭和 36 年より、直轄海岸保全施設整備事業に着手した。また、その後、昭和 53 年に、海岸延長 18.5km の区間に 100 基を越える離岸堤を設置する等、海岸侵食を防ぐ努力を続けている。

3. 波浪場の計算

対象としている海岸は沿岸方向 1000m、岸沖方向 600m と広く（挟領域）、この領域の沖側の入射波条件をより広い領域（広領域）で波浪変形計算を行って、抜き出す事で算出した。

3.1 広領域における波浪場の計算方法

(1) 水深データの作成

波浪変形計算に用いる為の水深データは、海上保安庁の海図をデジタイザーで読み取り、それをスプライン補間により、100×100m の格子間隔に数値化した。計算領域の格子点数は岸沖方向に 258 個、沿岸方向に 320 個（25.8Km×32.0Km）、全 82,560 点とした。

(2) 波浪データ

計算に用いる入射波条件については、対象地点付近の NOWPHAS による波浪観測結果を用いた。深淺測量が行われた 2002 年の 2 時間毎データの有義波高 $H_{1/3}$ 、

周期 $T_{1/3}$ より、エネルギー平均波を算出し、その値を沖側入射波条件と設定した。

(3) エネルギー平衡方程式

波浪変形計算は次式に示すエネルギー平衡方程式を用いた。

$$\frac{\partial(D_s V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(D_s V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(D_s V_\theta)}{\partial \theta} = \varepsilon'_b S \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 D_s : 方向スペクトル、 V_x 、 V_y : x、y 方向の成分波の群速度、 ε'_b : 砕波する波のエネルギー割合、 S : 方向スペクトルである。

3.2 挟領域における波浪場の計算方法

(1) 水深データと構造物データの作成

波浪変形計算に用いる為の水深データは、深淺測量図をデジタイザーで読み取り、それをスプライン補間により、2×2m の格子間隔に数値化した。計算領域の格子点数は岸沖方向に 273 個、沿岸方向に 458 個（546m×916m）、全 125,034 とした。

また、構造物データをデジタイザーで読み取り、その座標を格子番号に変換した。

(2) 拡張型の強非線形ブシネスク方程式

水深が急変する構造物周辺の水位と底面流速を算出する為に、拡張型の強非線形 Boussinesq 方程式を用いた。以下に用いた連続式と運動方程式を示す。

連続の式 (C.E.)

$$\eta_t + \nabla \cdot \left\{ (h + \eta) \left[\overline{u_\alpha} + (Z_\alpha + 0.5(h - \eta)) \nabla (\nabla \cdot (h \overline{u_\alpha})) \right] + (0.5Z_\alpha^2 - 1/6(h^2 - h\eta + \eta^2)) \nabla (\nabla \cdot \overline{u_\alpha}) \right\} = 0 \quad \text{式 (2)}$$

運動方程式 (M.E.)

$$\begin{aligned} \overline{u_{at}} + (\overline{u_\alpha} \cdot \nabla) \overline{u_\alpha} + g \nabla \eta + z_\alpha \left\{ \frac{1}{2} Z_\alpha \nabla (\nabla \cdot \overline{u_{at}}) + \nabla (\nabla \cdot (h \overline{u_{at}})) \right\} \\ + \nabla \left\{ \frac{1}{2} (Z_\alpha^2 - \eta^2) (\overline{u_\alpha} \cdot \nabla) (\nabla \cdot \overline{u_\alpha}) + \frac{1}{2} [\nabla \cdot (h \overline{u_\alpha}) + \eta \nabla \cdot \overline{u_\alpha}]^2 \right\} \\ + \nabla \left\{ (Z_\alpha - \eta) (\overline{u_\alpha} \cdot \nabla) (\nabla \cdot (h \overline{u_\alpha})) - \eta \left[\frac{1}{2} \eta \nabla \cdot \overline{u_{at}} + \nabla \cdot (h \overline{u_{at}}) \right] \right\} = 0 \end{aligned} \quad \text{式 (3)}$$

ここで、 η : 水位、 h : 水深、 $\overline{u_\alpha}$: 水深 Z_α での水平流速、 g : 重力加速度、 t : 時間微分を示す。

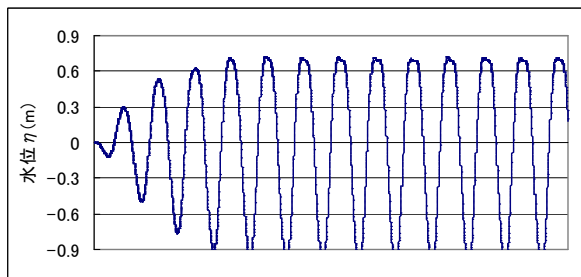


図 - 1 波高の時系列分布 (沖側境界)

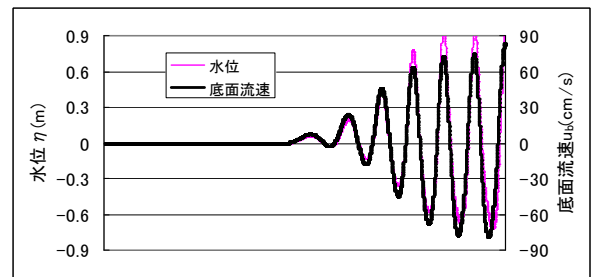


図 - 2 波高と流速の時系列分布 (A 点)

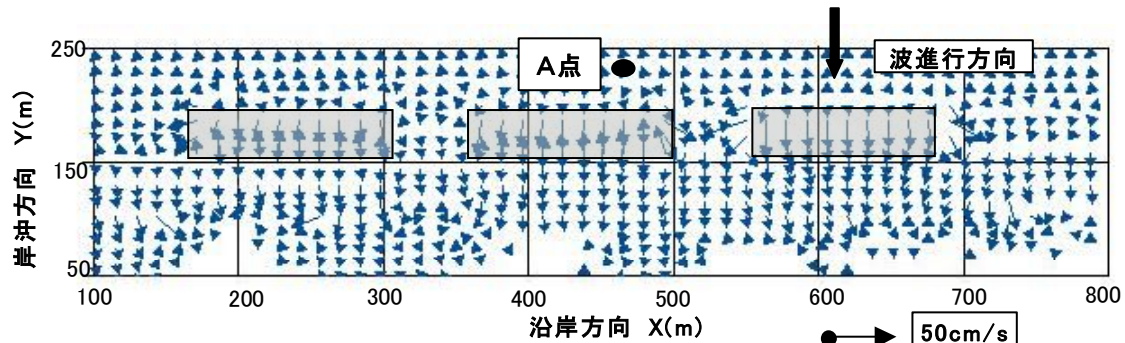


図 - 3 底面流速ベクトル分布図 (構造物有)

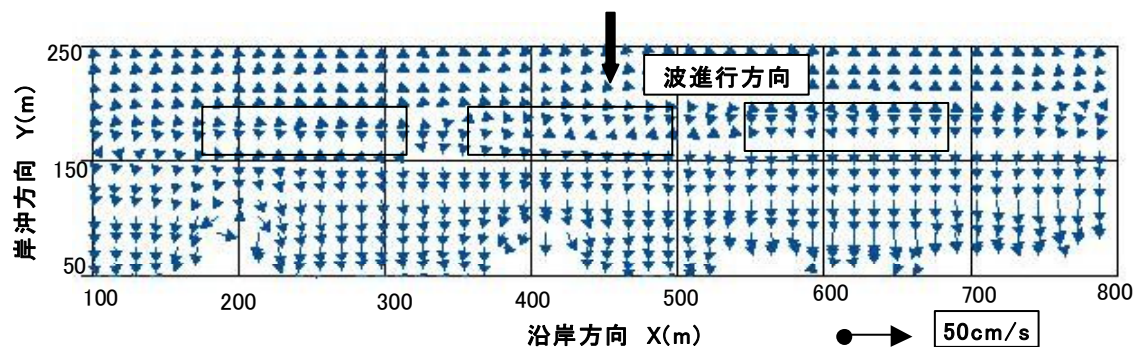


図 - 4 底面流速ベクトル分布図 (構造物無)

4. 計算結果

(1) 水位変化

図-1 に挟領域での岸側境界の水位変化の結果を示す。沖側境界位置では、ほぼ正弦波の水位変動が 13 波相当分入射されている事が確認できる。図-2 は構造物有りの場合で、人工リーフ沖側の水位変化と底面流速を示す。第 4 波以降でほぼ一定に達している事が判る。

(2) 底面流速ベクトル図

図-3 と図-4 に構造物の有無による平均底面流速ベクトル分布図を示す。図-3 では人工リーフの両端部でリーフ背後に回り込む様な流れが見られた。X=600m 付近の人工リーフの端部の平均流速は 12.5cm/s であり、ストークス波の第 2 次近似解による質量輸送速度 $\bar{U}$ を求めると $\bar{U}=1.17\text{cm/s}$ となり、計算結果の 1/7 倍となった。A 点における底面流速の振幅 $U_{b\max c}$ を微小振幅波理論で求めた $U_{b\max i}=47.2\text{cm/s}$ と比較して、 $U_{b\max c}$ は $U_{b\max i}$ の

1.5 倍となった。また、ストークス波の第 2 次近似解による質量輸送速度 $\bar{U}$ を求めると、 $\bar{U}=1.17\text{cm/s}$ となり、計算結果の 1/13 倍となった。一方、図-4 は岸沖方向に一方向の流れを生じ、ほぼ入射波の進行方向と一致していた。

5. まとめ

本研究では、エネルギー平衡方程式と Boussinesq 方程式を用い、波高と底面流速を求め、構造物の有無による違いを検討した。その結果、構造物の有無で底面流速を比較したところ、人工リーフの両端部で渦を巻く様に、リーフ背後に回り込む流れが確認できた。また、微小振幅波理論の各諸元は計算の約 1/10 倍となった。

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター, 全国港湾海洋波浪観測資料(NOWPHAS), 1991-2002.