

II - 12

海浜流場の準3次元モデル

鳥取大学工学部 正会員 ○黒岩正光

鳥取大学工学部 正会員 野田英明

(株)建設技術研究所 芳地康征

1. はじめに：従来、海浜流場の計算には、運動方程式を鉛直方向に断面平均した、いわゆる、平面2次元モデル（2DHモデル）が用いられている。しかしながら、砕波帯内のような戻り流れが存在するような場では、上層と下層では大きく流速ベクトルが異なり、底質や物質の移動拡散を厳密に取り扱おうとすると、2DHモデルでは不十分であると考えられる。本研究では、準3次元海浜流場（Quasi-3Dモデル）の数値計算法を開発することを目的とし、実験室レベルの平面水槽内に発生する海浜循環流場の数値計算を試みた。

2. 基礎方程式：図-1に示すように、座標系をとり、Svendsen・Lorenz¹⁾の方法を参考に3次元のNS方程式から次式を導いた。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + W \frac{\partial U}{\partial z} = -g \frac{\partial \xi}{\partial x} - R_x + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_h \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_h \frac{\partial U}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial U}{\partial z} \right) \quad \text{-----}(1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + W \frac{\partial V}{\partial z} = -g \frac{\partial \xi}{\partial y} - R_y + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_h \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_h \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_v \frac{\partial V}{\partial z} \right) \quad \text{-----}(2)$$

ここに、 R_x および R_y は Radiation Stress に相当する項で、(3)式および(4)式で表され、非定常緩勾配方程式²⁾を用いて計算した。

$$R_x = \frac{\partial}{\partial x} \left(\overline{u_w^2} - \overline{w_w^2} + \frac{\partial}{\partial x} \int_z^0 \overline{u_w w_w} dz' + \frac{\partial}{\partial y} \int_z^0 \overline{v_w w_w} dz' \right) + \frac{\partial \overline{u_w v_w}}{\partial y} \quad \text{-----}(3)$$

$$R_y = \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{v_w^2} - \overline{w_w^2} + \frac{\partial}{\partial x} \int_z^0 \overline{u_w w_w} dz' + \frac{\partial}{\partial y} \int_z^0 \overline{v_w w_w} dz' \right) + \frac{\partial \overline{u_w v_w}}{\partial x} \quad \text{-----}(4)$$

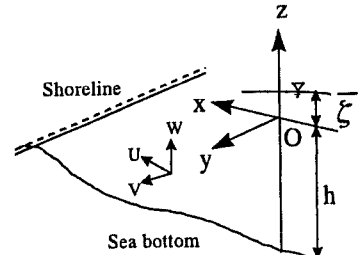


図-1 座標系

なお、上式中に含まれる積分項は構造物による反射や波の重合がなけ

れば無視することができる。連続式は以下に示すとおりで、鉛直方向の定常流速 W および平均水位 ξ は次式から

算定される。

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0 \quad \text{-----}(5) \quad \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial \tilde{U}(h+\xi)}{\partial x} + \frac{\partial \tilde{V}(h+\xi)}{\partial y} = 0 \quad \text{-----}(6)$$

ここに、 $\tilde{U}$ および $\tilde{V}$ は断面平均流速を表す。

3. 数値計算法および境界条件：複雑な海底地形や構造物が存在するような場合にも適用できるように、前述した基礎方程式を数値的に解くことを試みた。本研究では、Koutitas ら³⁾に基づいて鉛直方向には有限要素法、水平方向には有限差分法を用いて離散化し、時間軸方向には、Fractional Step 法を用いて計算した。この方法は座標変換を必要とせず、直接的に解くことが可能で、計算の安定性に優れている。側方ならびに沖側岸側境界は従来の2DHモデル²⁾にならい設定した。底面における境界条件は、波と流れの共存場における摩擦応力²⁾を用

Key words：海浜流，準3次元数値シミュレーション，戻り流れ

〒680，鳥取市湖山町南4-101，鳥取大学工学部土木工学科，Tel.0857-31-5300，Fax.0857-28-7899

いた。水面の境界条件は、砕波帯内において、岡安ら⁴⁾に基づいて、波のエネルギー逸散率の関数で表されるせん断応力を波向き方向に与えた。また、鉛直分布に影響を及ぼす渦動粘性係数 ν_v には、土屋ら⁵⁾を参考に、波高と波速の関数で与え、簡単のため、鉛直方向には一定とした。水平方向の渦動粘性係数 ν_h は、Longuet-Higginsによる表示を用いた。

4. 海浜流場の数値計算例： 本研究では、実験室レベルの平面水槽内に発生する海浜流場の計算を試みた。図-2に示すような、長さ3.0m、幅1.5mの小型平面水槽を想定し、汀線に対して20°の角度で入射する波浪に対して計算した。波浪条件は、沖波波高 $H_0=6.0\text{sec}$ 、 $T=1.0\text{sec}$ で海底勾配は1/10である。計算の水平方向の格子間隔は波浪場では1.5cm、流れ場の計算では3.0cmとした。鉛直方向には14分割し、時間間隔は $\Delta t=0.002\text{sec}$ とした。水平方向の境界条件は、沖側・側方及び汀線とも閉境界とし、予備計算でほぼ定常状態と判断された15000step（30秒後）の計算を行った。図-3は断面平均された海浜流場の計算結果を示したものである。この図から水槽内特有の循環流が発生し、水面ではやや沖向きの流れが発生し、従来の2DHモデルと同様な結果が得られていることがわかる。図-4および5はそれぞれ底面および平均水面における流速ベクトルの分布を示したものである。これらの図から底面ではやや沖向きの流れが発生し、水面ではやや岸向きの流れが発生していることがわかる。これらの図から、底面および水面における流速ベクトルはともに向きも大きさも異なり、戻り流れの影響による螺旋状の鉛直分布を有していることがわかる。

5. おわりに： 本研究では準3次元海浜流場の数値計算手法を開発し、実験室レベル平面水槽内に発生する海浜循環流場の計算を試みた。その結果、準3次元計算から得られた断面平均流速の分布は従来の2DHモデルと同様な結果が得られることがわかった。また、鉛直方向にねじれの分布を持つ海浜流場が再現できた。しかしながら、本モデルの実用化に向けてのモデルの適用性並びに計算精度についての検討や、戻り流れを発生させる要因となる岸向きの質量輸送成分によるshear stressや鉛直渦動粘性係数の評価法の検討が今後の課題である。

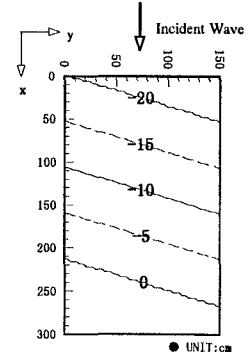


図-2 計算領域

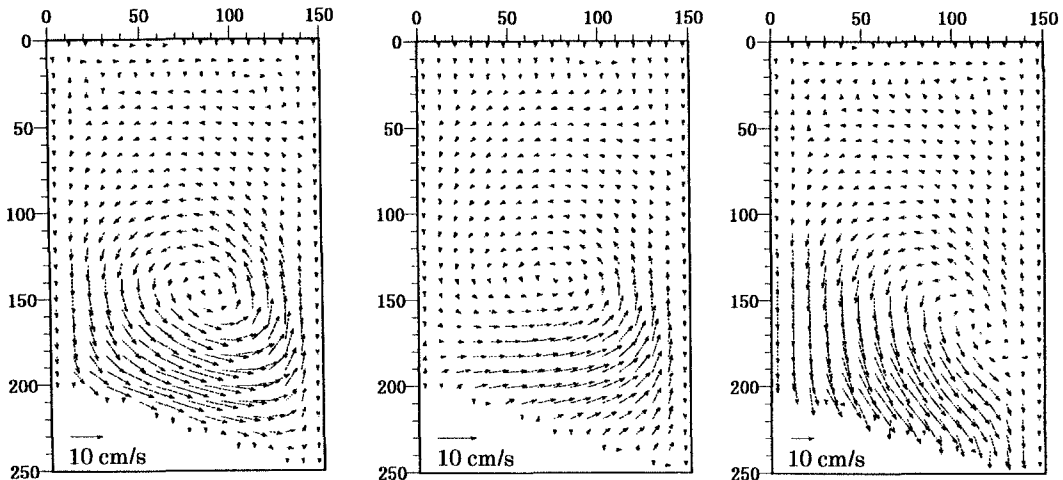


図-3 断面平均流速ベクトル

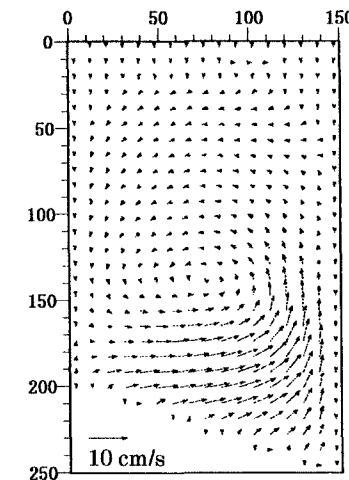


図-4 底面における流速ベクトル

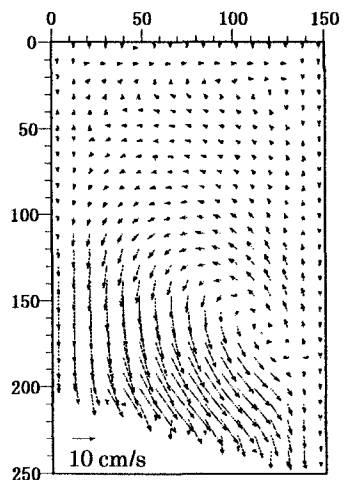


図-5 水面における流速ベクトル

参考文献：1)Svendsen・Lorenz：Velocities in combined undertow and longshore currents, Coastal Eng., Vol.13,1989.

2)本間 仁：海岸環境工学, 1985, 3)Koutitas,C. et al. : Modeling of Three-dimensional wind-induced flows,ASCE, HY11,1980.,

4)岡安章夫ら：砕波体内におけるエネルギー収支と戻り流れのモデリング, 海岸工学論文集, 第36巻, 1989, 5)土屋ら：砕波体内における戻り流れについて, 第33会海岸工学講演会論文集。